

# إدارة الإنتاج والعمليات

( مدخل اتخاذ القرارات )

الدكتور

محمد توفيق ماضي

أستاذ إدارة الإنتاج بكلية التجارة - جامعة الإسكندرية  
أستاذ مساعد إدارة الإنتاج بجامعة ويسترن كنتاكي (سابقاً)  
مكتوراه في إدارة الإنتاج من جامعة ولاية لويزيانا  
ماجستير في علم الإدارة من جامعة ولاية كارولينا الشمالية  
ماجستير في إدارة الأعمال من جامعة القاهرة

2011

الطريق الجامعية

84 شارع زكريا غنيم - تافيس سابقاً

E-mail : [m20ibrahim@yahoo.com](mailto:m20ibrahim@yahoo.com)

Web Site : [www.eldarelgamaya.com](http://www.eldarelgamaya.com)

5907466 - 5917887



# المكتبة الاقتصادية



ECONLIBRARY

قناة المكتبة على التليجرام

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَاتَّقُوا اللَّهَ وَيُكَلِّمُكُمُ اللَّهُ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ﴾

﴿٢٨٢﴾

(قوله 282)

اسم المؤلف: (أ. هـ.) محمد توفيق ماضي

اسم الكتاب: إدارة الإنتاج والعمليات

المطبعة: المطابع المصيرية - الإسكندرية

الطبعة: 84 شارع زكريا شليم الإبراهيمية الإسكندرية

تلفون: 002035907466 - 002035917882

الموقع الإلكتروني: [www.Eldarelgamaya.com](http://www.Eldarelgamaya.com)

البريد الإلكتروني: [m20ibrahim@yahoo.com](mailto:m20ibrahim@yahoo.com)

رقم الإيداع: 4273

فريق عمل الكتاب:

التحرير والإشراف الفني: المطابع المصيرية الإسكندرية

تصميم الغلاف: أمجد أحمد رافع



## مقدمة

تحتل وظيفة إدارة الإنتاج أهمية خاصة سواء في منشآت إنتاج السلع أم منشآت تقديم الخدمات. فهي تمثل العمل الرئيسي الذي قامت من أجله المنشأة. كما أنها ذات تأثير مباشر على حسن استخدام الموارد ودرجة رضا المستهلك عن السلعة التي تنتج أو الخدمة التي تقدم، مما ينعكس على جودة السلعة أو الخدمة المقدمة وتكلفة إنتاجها والوقت الذي يتم تقديمها للمستهلك.

ويتناول هذا الكتاب أهم القرارات التي يتم اتخاذها في مجال إدارة الإنتاج والعمليات فيما يتعلق بمجالات ثلاثة أساسية هي: تصميم العملية التحويلية، وتشغيل العملية التحويلية، والرقابة على العملية التحويلية. وسوف يكون المدخل الرئيسي لمعرض تلك الموضوعات هو مدخل اتخاذ القرارات. بمعنى تحديد المشكلة الواجب اتخاذ قرار بشأنها والتعرف على العوامل التي تؤثر فيها والبيانات اللازمة لتحليلها، ثم تقديم بعض النماذج الكمية التي تساعد على المفاضلة بين البدائل واتخاذ القرار الملائم في كل حالة.

وقد حاولنا بقدر الإمكان تبسيط الأساليب الكمية التي تم ذكرها وتركيزها على معنى الأسلوب ومحددات استخدامه ومعنى النتائج التي نتحول إليها. وينبع ذلك من حقيقة أن هناك بعض القرارات الأخرى المتخصصة في مجال الأساليب الكمية، كما أن المدخل الإداري في معالجة تلك الأساليب يجب أن يكون هو محور الاهتمام لمستخدمي تلك الأساليب في مجال اتخاذ القرارات. وتجلد الإشارة بداية أن تلك الأساليب التي استخدمت في هذا الكتاب يمكن تطبيقها باستخدام الحاسب الآلي اعتماداً على برنامج (QSB+) Quantitative Systems for Business، مما يختصر الوقت اللازم للعمليات الحسابية ويتيح الفرصة أكبر لتحليل اتخاذ القرارات.



ويود المؤلف أن يتقدم بخالص الشكر للأساتذة الأفاضل الذين يستخدمون هذا الكتاب مرجعاً لمادة إدارة الإنتاج والعمليات لمرحلة البكالوريوس في كل من الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا بالإسكندرية وقطر والإمارات العربية و لمرحلة الماجستير في المملكة العربية السعودية. لقد كان اختيارهم لهذا الكتاب تكليفاً جديداً لي بإعادة كتابته وتحسينه. أرجو أن يمينني الله على الوفاء بذلك.

ويود المؤلف أيضاً أن يتقدم بالشكر الخاص والعرفان بالجميل للأستاذ الدكتور محمد الحناوي رئيس قسم إدارة الأعمال على تقديمه كل المساعدة والتشجيع أثناء فترة إعداد هذا الكتاب.

أدعو الله أن يجد القارئ والطالب فائدة ترحي من هذا الكتاب والله وراء القصد.

دكتور

محمد توفيق ماضي

عضوية الهيئات العلمية :

APICS : The American Production & Inventory Control society.  
POMS : Production & Operations Management Society.  
OMA : Operations Management Associations.  
DSI : Decision Sciences Institute.  
SAM : Society For The Advancement of Management.

## الفصل الأول

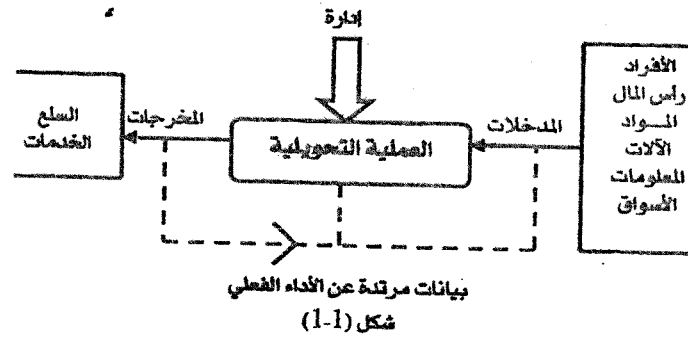
### مقدمة

- تعريف إدارة الإنتاج والعمليات.
- إدارة الإنتاج والعمليات ووظائف المشروع الأخرى.
- الأشكال المختلفة للنظام الإنتاجي.
- إنتاج السلع وتقديم الخدمات.
- أهداف إدارة الإنتاج والعمليات.
- التطور التاريخي لإدارة الإنتاج والعمليات.

## مقدمة

### تعريف إدارة الإنتاج والعمليات:

يمكن النظر إلى أية وحدة منتجة Productive Unit على أنها تتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية كما في الشكل (1-1). أما الجزء الأول والذي يظهر في جهة اليمين من الرسم فهو عبارة عن مجموعة الموارد التي تستخدم في العملية الإنتاجية. وهي تعتبر بمثابة المدخلات Inputs للعملية الإنتاجية. وعلى الرغم من أن هناك أساساً مختلفة لتقسيم هذه الموارد إلا أنه من الممكن القول بأن أهم هذه الموارد: الأفراد، رأس المال، الموارد، الآلات، المعلومات والأسواق المتاحة. وبالطبع تختلف توليفة هذه الموارد من منشأة لأخرى حسب نوع النشاط الإنتاجي. فقد لا تمثل الآلات مورداً كبيراً في حالة الحليث عن مدرسة أو مستشفى بينما تمثل الأفراد بما فيها من مهارات مختلفة (الأطباء بتخصصاتهم المختلفة، والمرضات والإداريين) حجب الزاوية في تقديم الخدمات الطبية.



كذلك فإن الأهمية النسبية لكل عنصر من تلك العناصر يختلف من صناعة إلى أخرى. فتميل المواد حوالي 70% من إجمالي قيمة الموارد المستخدمة في صناعة الفزل والنسيج بينما هي لا تمثل أكثر من 40% في شركات إنتاج المياه الغازية. أما الجزء الثاني من الوحدة المنتجة والذي يظهر في أقصى اليسار فهو ما يسمى بمخرجات Outputs النظام. فمن الطبيعي أن يكون للنظام مخرجات محددة تبرز أساساً وجود هذا النظام.

وسواء كانت الوحدة المنتجة مملوكة للدولة أم مملوكة للأفراد فلا بد وأنها تسعى إلى تحقيق تلك المخرجات. وقد تكون هذه المخرجات في شكل مادي ملموس ويطلق عليه سلعاً Product أو في شكل غير ملموس يطلق عليه خدمة Service. فالسلعة (أو مجموعة السلع) الملموسة التي تقدمها المنشأة تكون مثل الثلاجة، السيارة، التليفزيون. أما الخدمة (أو مجموعة الخدمات) غير الملموسة التي تقوم المنشأة من أجل تقديمها فتكون مثل الخدمة التعليمية التي تقدمها دور العلم المختلفة (الجامعات والمدارس) أو مثل الخدمة العلاجية والتي تقدمها المستشفيات. وسواء كانت المنشأة تقوم بتقديم سلعاً أم خدمة فلا بد أن يكون لها نظام محدد لقياس مخرجات تلك الوحدة المنتجة وتحديد مواصفات خاصة لها. فلا بد للمنشأة أن تقول أن المخرج الرئيسي لها هو الثلاجة مثلاً، بل لا بد من تحديد مواصفات تلك الثلاجة بناءً على دراسة مسبقة تسمى دراسة تصميم المنتج. ويتم فيها تحديد أبعاد مختلفة للمنتج مثل اللون ونوعية المواد الداخلة فيها. كذلك الأمر بالنسبة للخدمات. فيجب أن يكون هناك مقياساً لإنتاج المستشفى خلال فترة زمنية معينة، وليكن ذلك عدد المرضى الذين تم خلعهم أو عدد الأسرة التي تم استغلالها. ومع اعترافنا بصعوبة وضع مقاييس متعارف عليها لإنتاج وحدات الخدمات إلى أن ذلك أمر رئيسي وأساسي لا بد من التصدي له والقيام به. ومن الواضح أيضاً أن مصير تلك السلع والخدمات هي تقديمها للمستهلك بعد أن تخرج من الوحدة المنتجة. ولذلك فهناك مجموعة من الأنشطة واجب القيام بها لتحقيق ذلك يطلق عليها الأنشطة التسويقية.

وعندما نتأمل الشكل مرة أخرى نجد أن الجزء الأوسط يمثل الجزء الثالث من النظام وهو ما يطلق عليه العملية التحويلية Transformation Process. ويعبر هذا الجزء عن كافة العمليات التي يتم القيام بها لتحويل توليفة المدخلات إلى مخرجات محسوبة. وقد يكون ذلك عن طريق القيام بعمليات إنتاجية تصنعية Manufacturing أو عمليات إنتاجية خدمية Servicing كما أوضحنا.

والآن إذا كانت هذه هي المكونات فكيف يتم فعلاً تحويل هذا النظام إلى نظام منتج؟ الإجابة تكمن في القيام بالعملية الإدارية والتي تتلخص وظائفها في التخطيط،

التنظيم، والرقابة. والسؤال الذي يلي ذلك هو من الذي يقوم بذلك؟ فتكون الإجابة هي الإدارة. ولكن أية إدارة؟ وعلى الرغم من أن هناك إدارة للمنشأة ككل إلا أن المشروعات الكبيرة قد أدت إلى ضرورة وجود وظائف متخصصة في المشروع يتم إدارة كل منها عن طريق متخصصين في المجالات الوظيفية على أن يكون ذلك في إطار متكامل وعلى أساس أن المنشأة وحدة متكاملة. وإذا عدنا مرة أخرى إلى الشكل (1 - 1) نجد أننا يمكن أن نحدد مجالات وظيفية محددة. فمن الشائع وجود إدارة تعد مسئولة عن الأفراد في المنشأة يطلق عليها إدارة الأفراد أو إدارة شئون العاملين في بعض الأحيان. كذلك فإن إدارة عنصر رأس المال في المنشأة تتولاها وظيفة الإدارة المالية، كما تتولى إدارة المشتريات إدارة شئون المواد وتديرها. بالمفهوم نفسه نجد أن هناك الإدارة المسئولة عن أعمال الإنشاءات والآلات. كما أن المعلومات بما لها من أهمية خاصة يتم إدارتها الآن عن طريق نظام للمعلومات يطلق عليه نظام المعلومات الإدارية Management Information System كذلك فإننا قد أوضحنا من قبل أن مسئولية توصيل المخرجات إلى المستهلك وتحديد الأسعار لها والإعلان عنها ودراسة السوق تقع على عاتق إدارة التسويق. والسؤال الآن: أين إدارة الإنتاج؟ إننا لدينا الآن تعريف بسيط ومختصر جداً لإدارة الإنتاج.. هي إدارة العملية التحويلية Managing the transformation process ويعني ذلك أن إدارة الإنتاج تهتم وتركز على الجزء الثالث في الشكل (1 - 1).

وعلى الرغم من سهولة هذا التعريف وتميزه في أنه يوضح الفارق بين إدارة الإنتاج والعمليات وباقي الوظائف الأخرى إلا أنه لا يقدم التفصيل اللازم ولا يوضح أركان هذه الوظيفة. ولذلك فإننا يمكن أن نفصل هذا التعريف على أنه:

"مجموعة الأنشطة الإدارية اللازمة لتصميم وتشغيل والرقابة على العملية التحويلية"

ويتضح من هذا التصريف ما يلي:

(1) إن إدارة العملية التحويلية تتضمن أنشطة إدارية فالأمر لا يقتصر على بعض الممارسات الفنية أو الهندسية فقط بل يقوم جوهره على أنشطة إدارية بما فيها من تخطيط وتوجيه ورقابة.

(2) على الرغم من أن هذه الأنشطة سوف تكون في مجالات مختلفة إلا أن ذلك لا يعني عدم التكامل بين هذه المجالات داخل الوظيفة الإنتاجية ذاتها، وبين الوظيفة الإنتاجية وباقي الوظائف الأخرى للمشروع.

(3) إن ممارسة تلك الأنشطة الإدارية في هذه المجالات يتطلب معرفة كاملة بالأساليب التحليلية والمفاهيم اللازمة التي تستخدم في اتخاذ القرارات في هذه المجالات. فالإلمام بهذه الأساليب سوف يساعد مدير الإنتاج والعمليات نفسه على اتخاذ القرارات كما أنه سوف يكون في موقف تفهم النتائج ومحددات الأساليب المستخدمة عندما يقوض شخص آخر مهمة اتخاذ بعض القرارات. ومن المتوقع دائماً أن يقدم مدير الإنتاج لمساعدته بعض الأساليب التي يمكن أن تساعد على اتخاذ قراراتهم بالطريقة الصحيحة.

(4) تمثل أنشطة التصميم والتشغيل والرقابة الوظائف الثلاثة الرئيسية التي تتضمنها وظيفة الإنتاج والعمليات للمشروع. وهي مجرد مجموعات من مجالات اتخاذ القرارات. ويمكن تعريفها على النحو التالي:

التصميم Designing: هي عبارة عن مجموعة القرارات الاستراتيجية والتكتيكية الخاصة باختيار الطريقة التي يتم بها تحويل المدخلات إلى مخرجات محددة وابتكار طرق تستخدم في عملية التحويل ذاتها.

ومن أهم القرارات التي تتخذ في مجال التصميم، تصميم العملية الإنتاجية واختيار التكنولوجيا الملائمة، تصميم العمل، اختيار موقع المصنع، الترتيب الداخلي للموقع، تحديد حجم الوحدة الإنتاجية، وتصميم طريقة الأداء، تصميم المنتج (السلعة أو الخدمة).

التشغيل Operation: هي عبارة عن مجموعة القرارات التي تعطي للعملية التحويلية الصيغة الحركية وتبث فيها الحياة. وهي تتركز أساساً في عملية التخطيط بأبعادها الزمنية المختلفة.

ومن أهم القرارات التي تتخذ في مجال التشغيل، تخطيط الإنتاج طويل الأجل والذي يعرف بتخطيط الطاقة Capacity Planning، تخطيط الإنتاج الإجمالي السنوي Aggregate Production Planning، عملية الجدولة وقرارات توزيع الأعمال اليومية Production Scheduling.

الرقابة Controlling: هي التأكد من أن التشغيل الفعلي يتم حسب الخطة الموضوعة واتخاذ إجراءات التصحيح في وقت الحاجة إليها. بالإضافة إلى تحديث النظام بما يتماشى مع التغيرات المختلفة في الظروف المحيطة بالأداء سواء داخل أو خارج المنشأة.

وتقوم هذه المجموعة من القرارات على وجود بيانات مرتدة Feedback عن الأداء الفعلي يتم مقارنتها مع العمل المخطط فجازة. وتظهر هذه البيانات المرتدة في الشكل السابق (1 - 1) في الخط العكسي أسفل الشكل. ومن أهم القرارات التي تتخذ في هذا المجال،

الرقابة على المخزون، الرقابة على الجودة، تقييم أداء مجالات وظيفة الإنتاج المختلفة، وقياس الإنتاجية.

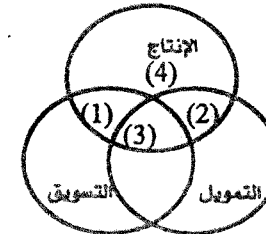
(5) بقيت الآن نقطة أخيرة فيما يتعلق بتعريف إدارة الإنتاج والعمليات وهي تتعلق بالتسميات المختلفة التي قد يطلق على الشخص القائم بممارسة هذه الوظائف المختلفة السابقة، فعلى الرغم من أنه من الشائع استخدام تسمية مدير الإنتاج Production Manager أو مدير العمليات Operations Manager في كثير من المنشآت الصناعية إلا أن هذه التسميات قد لا تستخدم في بعض مجالات الخدمات والأنواع الأخرى من النظم الإنتاجية.

تُقدّم يستخدم في إحدى المستشفيات مسمى "رئيس القسم أو "رئيس العنبر". وهي في الوقت ذاته بعدد مدير الإنتاج لهذا القسم أو العنبر. كذلك فإن "مدير التوزيع" في إحدى شركات بيع إحدى السلع بالجملة بعد "مدير للعمليات" على الرغم من اختلاف التسمية.

### □ العلاقة بين وظيفة إدارة الإنتاج والعمليات ووظائف المشروع الأخرى:

يمكن القول بأن هناك ثلاث وظائف رئيسية في منشأة الأعمال والخدمات هي: وظيفة الإنتاج، ووظيفة التمويل ووظيفة التسويق. أضف إلى ذلك مجموعة أخرى من الوظائف المساعدة مثل الأفراد، الحسابات، الشؤون القانونية.. الخ. ومن المعروف أن الأهمية النسبية لتلك الوظائف تختلف من منشأة إلى أخرى حسب طبيعة ونوع النشاط، فبينما تحتل الإدارة الهندسية أهمية خاصة في الشركات الصناعية نجد أن الإدارة المالية تمثل عصب العمل بالنسبة للبنوك والمؤسسات المالية.

وحيث إن إدارة الإنتاج تعد جزءاً من المشروع فإنها لا يمكن أن تعمل بمعزل عن بقية الوظائف الأخرى به. فالشروع يعمل كوحدة واحدة وكنظام واحد تتفاعل أجزاؤه الفرعية معاً لتحقيق الأهداف العامة للمشروع بشكل فعال. ويمكن تصوير تلك العلاقات المتبادلة بين إدارة الإنتاج وكل من إدارة التسويق والإدارة المالية في شكل مجموعة من الدوائر المتداخلة في الشكل (1-2).



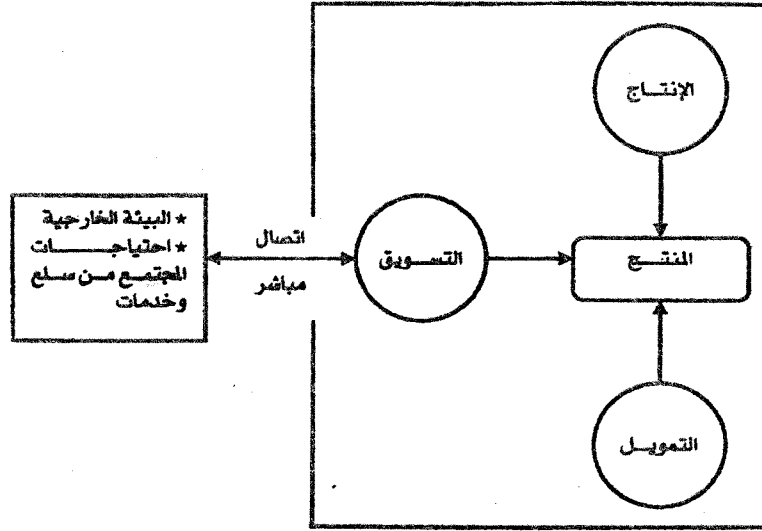
شكل (1-2)

ويوضح هذا الشكل أن هناك أنواعاً مختلفة من القرارات تتخذها إدارة الإنتاج والتي تتباين فيما بينها من حيث درجة اتصالها بالإدارات الأخرى داخل المنشأة. فتوضح المنطقة رقم (1) في الشكل بعض القرارات التي يتم اتخاذها بواسطة إدارة الإنتاج ويكون لها ارتباطاً مباشراً بإدارة التسويق داخل المنشأة. وتعتبر عملية تحديد مواصفات المنتج وتصميمه Product Design مثلاً جيداً على هذا النوع من القرارات. فيعتمد الإنتاج بشكل مباشر على التسويق - الذي هو أكثر اتصالاً بالمستهلك - في الحصول على معلومات عن رغبات المستهلك في هذا الصدد وكذلك عن مواصفات السلع البديلة المنافسة المتوافرة في السوق.

أما النوع الثاني من القرارات والذي يقع في المنطقة رقم (2) في الشكل (1-2) فهو مجموعة القرارات التي تتخذها إدارة الإنتاج ويكون لها اتصالاً مباشراً بالإدارة المالية. وهذا النوع يتمثل بشكل واضح في قرارات استبدال الآلات وشراء الآلات الجديدة. فمن الشائع أن يتم عمل دراسة مشتركة بين إدارة الإنتاج والعمليات والإدارة المالية لدراسة الجوانب الفنية والمالية لمثل هذه الاقتراحات.

أما المنطقة المشتركة بين الإدارات الثلاث (3) فتعبر عن القرارات التي يتم اتخاذها في مجال إدارة الإنتاج ويكون لها اتصالاً مباشراً بكل من التسويق والتمويل معاً. ومثال ذلك تخطيط الطاقة Capacity Planning وقرار إدخال منتج جديد للسوق.

ففي كل من هاتين الحاليتين، تقوم إدارة الإنتاج بالاشتراك مع هاتين الإدارتين بعمل ما يسمى بدراسات جدوى Feasibility Study للمشروع المقترح، وعادة ما يتضمن ذلك دراسة الجوانب الفنية (كما تراها إدارة الإنتاج)، والجوانب التسويقية (كما تراها إدارة التسويق)، والجوانب المالية (كما تراها الإدارة المالية). ففي مثل هذه الحالات تقوم إدارة التسويق بدراسة ظروف السوق وتقدير الطلب المتوقع على السلعة الجديدة. كما تتولى الإدارة المالية تحديد الإمكانيات المالية اللازمة ومصادر الحصول عليها والعائد المتوقع وكذلك التسعيرات المترتبة على هذا التوسع، كل ذلك بعد أن تتأكد إدارة الإنتاج من الإمكانية الفنية لإنتاج هذا المنتج الجديد.



شكل (1-3)

#### أولاً: بيانات من التسويق إلى الإنتاج :

- (1) الطلب المتوقع الإجمالي وكذلك الطلب على مجموعات الأصناف المختلفة ودرجة موسمية هذا الطلب.
- (2) مواصفات السلعة التي يرغبها المستهلك وأشكال العبوة والغلاف والحجم وكذلك مستوى الجودة المرغوب في الأسواق.
- (3) القيود الحكومية وقيود جمعيات حماية المستهلك Consumer Protection على مواصفات بعض السلع.
- (4) حدود الأسعار التي يمكن أن يتم بينها تسويق المنتج في السوق حتى تكون أساساً لوضع المواصفات ومستوى الجودة.
- (5) مواصفات السلع المنافسة والتي يتم تقديمها في السوق.

وعلى الرغم من أنه من الصعب عملياً أن نتخيل وجود بعض القرارات في ميدان إدارة الإنتاج والتي يتم اتخاذها بمعزل عن الإدارات الأخرى في المنشأة، إلا أننا يمكن أن نتصور وجود بعض القرارات التي قد تحتاج إلى إتصال محدود جداً مع تلك الإدارات الأخرى. ومن بين تلك القرارات، والتي تدخل في المنطقة (4) في الشكل (1-2)، قرارات تصميم نظام للرقابة على الجودة Quality Control، وتصميم نظام للرقابة على المخزون Inventory Control، ووضع جدول التشغيل Scheduling.

ويمكن القول بصفة عامة أن نجاح المنشأة في تحقيق أداء مرضي يتوقف على تكامل الدور الذي تقدمه تلك الإدارات الثلاث. فإدارة التسويق مسؤولة عن خلق الطلب على المنتج أو الخدمة. أما إدارة الإنتاج والعمليات فإنها تتحمل مسؤولية خلق المنتج أو الخدمة حتى تتناسب مع الطلب المتوقع، كذلك فإن الإدارة المالية تعد مسؤولة عن تدبير الاحتياجات المالية طويلة الأجل وقصيرة الأجل حتى يتمكن الإنتاج من إخراج هذا المنتج إلى حيز الوجود. وقد دعى ذلك Peters & Oliva إلى القول بأن محور التعاون بين الوظائف الثلاث في المشروع هو المنتج أو الخدمة Product or Service كما في الشكل التالي (1-3).

ونظراً للأهمية الخاصة للعلاقة بين كل من إدارتي الإنتاج والتسويق فسوف نقدم فيما يلي تصوراً للعلاقة بين هاتين الإدارتين في شكل مجموعة من البيانات المتبادلة بينهما وفي شكل قرارات مشتركة كمل أوضحنا مسبقاً. أما تلك البيانات المتبادلة فيمكن تقسيمها إلى بيانات يتم نقلها من إدارة التسويق إلى إدارة الإنتاج وبيانات أخرى يتم نقلها من إدارة الإنتاج إلى إدارة التسويق.

## □ الأشكال المختلفة للنظام الإنتاجي :

هناك عدة صور مختلفة من الممكن أن يأخذها النظام للمنتج... وقد قدم Cahse Aquialno & ستة أقسام رئيسية من الممكن أن تندرج تحتها معظم الأنشطة الإنتاجية. وهذه الأنواع هي:

(1) مادية ملموسة Physical: وهي المجموعة التي تندرج تحتها كافة عمليات التصنيع Manufacturing مثل الغزل والنسيج والصناعات الغذائية والصناعات الهندسية.

(2) مكانية Locational: وهي المجموعة التي تندرج تحتها خدمات النقل المختلفة، ومشروعات السكك الحديدية وشركات الطيران وشركات النقل الداخلي تقدم هذا النوع من الخدمة.

(3) تبادلية Exchange: وهي الأنشطة التي تتضمن تبادل السلع والخدمات، ومنها تجارة التجزئة والجملة.

(4) تخزينية Storage: وهي المنشآت التي تقدم خدمة التخزين سواء للأفراد أم للمنشآت المختلفة. ومثال ذلك المخازن الحكومية، والمخازن الموجودة بالمواني وكذلك الثلاجات الضخمة التي تقوم بتخزين بعض الأصناف لحساب الأفراد والشركات.

(5) التحويل العضوي Physioological: وهي منشآت تقدم الخدمات الطبية والتعليمية والتي تتولى إحداث تغيير على نوعية الأفراد المتعلمين للحصول على الخدمة ومثال ذلك المدارس والجامعات والمستشفيات.

(6) التحويل النفسي Attitudinal: وهي منشآت تقدم الخدمات التي تهدف إلى إحداث تغييرات نفسية على اتجاهات الأفراد وأحاسيسهم. ومثال ذلك أماكن العلاج النفسي وأماكن الترفيه.

(6) ظروف نقل السلعة وطريقة توزيعها.

(7) درجة رضا المستهلك عن مستوى جودة المنتج والمشاكل الفعلية للسلعة أثناء الاستخدام الفعلي لها.

ثانياً: بيانات من الإنتاج إلى التسويق :

(1) جداول الإنتاج ومواعيد توافر السلع من الأصناف المختلفة والكميات التي سوف يتم توافرها.

(2) الشروط الفنية الواجب اتباعها أثناء عمليات نقل السلعة من المنتج إلى الموزع أو إلى المستهلك مباشرة.

(3) احتمالات التعديل في بعض الأصناف واحتمال إسقاط بعض المنتجات من خط الإنتاج والتشكيلة والألوان.

(4) فترة الضمان للسلعة وشروط التمتع بها.

(5) إرشادات عن طريقة استخدام السلعة والظروف الملائمة لاستخدامها.

(6) بعض الخصائص الفنية العامة للسلعة والتي قد يستفسر عنها المستهلك.

بقيت الآن نقطة أخيرة يجب الإشارة إليها فيما يتعلق بعلاقة إدارة الإنتاج والعمليات بباقي الإدارات الأخرى في المنشأة، وهذه النقطة خاصة بتحقيق الهدف العام للمنشأة، فحتى تتجنب المنشأة أن تقوم كل وظيفة بتحقيق أهدافها الخاصة على حساب الوظيفة الأخرى فإنه يجب أن يتم التنسيق بين تلك الإدارات عن طريق الإدارة العليا في المنشأة، وفي هذا الصدد تقوم الإدارة العليا بوضع استراتيجية عامة تحكم كافة وظائف المشروع في الأجل الطويل وتقوم بوضع سياسات محددة لكل وظيفة تضمن عدم التعارض بينهما. وبذلك فإنها تتفادى ما يسمى بالتعظيم الجزئي Suboptimization للأهداف. ومثال ذلك أن تقوم إدارة الإنتاج بزيادة الإنتاج من أحد الأصناف التي لا تستطيع إدارة التسويق القيام بعبء توزيعه نظراً لظروف المنافسة الحادة في السوق أو نظراً لارتفاع تكلفة إنتاجه، فوجود استراتيجية عامة لتخطيط الإنتاج تقوم على الاعتماد على أرقام الطلب المتوقعة للأصناف قد يؤدي إلى تخفيض احتمال حدوث مثل هذه المشاكل.

وعند تصور مثل هذه النظم في شكل المكونات الثلاث الرئيسية للعملية التحويلية. كما أوضحنا سابقاً، يمكننا القول بأن كل نوع من تلك الأنواع يتسم بتوليفة خاصة من المدخلات، كما أنه يتميز بمخرجات من نوع خاص.

### □ إنتاج السلع وتقديم الخدمات :

أوضح الجزء السابق أن النظم الإنتاجية يمكن أن تتضمن نظم تحويل مادية ملموسة وهي التي ما يطلق عليها عادة عملية صناعية. كما أن هناك نظاماً أخرى تهتم بخلق المنافع المرتبطة ببعض الخدمات التي تطلب من قبل المستهلك وتشجع حاجة معينة لديه. وسوف يتضح في الفصل الخاص بالتطور التاريخي لعلم إدارة الإنتاج أن لفظ "العمليات" قد اضيف إلى "إدارة الإنتاج" ليوضح أن هذا العلم قد اتسع ليشمل تطبيق معظم أساليب إدارة الإنتاج في مجالات تقديم الخدمات. ويهمننا هنا الإشارة إلى أهم الفروق الأساسية بين كل من نظم إنتاج السلع ونظم تقديم الخدمات نظراً لانعكاس ذلك على كيفية ممارسات أساليب إدارة الإنتاج في كل منهم.

أولاً : تقدم نظم إنتاج السلع (الصناعة) سلعة مادية ملموسة Tangible بينما تقدم نظم الخدمات خدمات غير ملموسة في شكل مادي Untangible. وينبغي على ذلك أن السلع المادية الملموسة يمكن أن تحدد لها مواصفات قابلة للقياس بشكل دقيق. أما الخدمات فهي تعتمد بشكل أكبر على الحكم الشخصي للقائم بتقديمها وعلى درجة إدراك Perception المستهلك لها ودرجة ثقيله لخصائصها. وذلك أمر يصعب قياسه بشكل دقيق في كثير من الحالات.

ثانياً : بينما تعتمد نظم إنتاج السلع بشكل رئيسي على المواد المستخدمة والتسهيلات الإنتاجية (تكنولوجيا الإنتاج) فإن نظم تقديم الخدمات تعتمد بشكل رئيسي على الأفراد القائمين بتقديم هذه الخدمة Labor Intensiveness. فلا يمكن تجاهل الأهمية النسبية الكبرى للأطباء المتميزين وفريق التمريض المتمرس عند تقديم الخدمة الطبية. فقد يكون السبب الرئيسي للتميز لإحدى المستشفيات هو الفريق الطبي بها. وكذلك الأمر في

الجامعات والمعاهد العلمية التي تعتمد أساساً على نوعية الأساتذة والباحثين المتوافرين بها فأنت في حقيقة الأمر تباع مهارة هؤلاء الأفراد.

ثالثاً : يصعب في كثير من المنشآت تقديم الخدمات وتخزين الخدمة الواجب تقديمها. ويرجع ذلك إلى حقيقة أساسية وهي أن عملية إنتاج الخدمة تكون في اللحظة نفسها لتقديم تلك الخدمة. فعندما يقوم الأستاذ بإلقاء المحاضرة فهو ينتج الخدمة ويقدمها في الوقت ذاته ويصعب إنتاجها في وقت آخر ثم تخزينها واسترجاعها وتقديمها عند الحاجة إليها ( لا يعد تسجيل المحاضرات وعرضها مرة أخرى تقديم للخدمة الأصلية ذاتها).

وعلى العكس من ذلك فإن الشركات الصناعية يمكنها إنتاج بعض السلع خلال فترة معينة وتخزينها ثم بيعها في فترات أخرى. ومثال ذلك إنتاج السلاحب وأجهزة التكييف على مدار العام ثم بيعها خلال فترة الصيف. وتعد هذه الخاصية مهمة بالنسبة للشركات الصناعية حيث تمكنها من توازن العملية الإنتاجية على مدار العام.

أما نظم تقديم الخدمات فتكون أكثر تأثراً بالموسمية في إنتاج وتقديم الخدمة مما يعقد من عملية تصميم الطاقات وجدولة التشغيل. فالنظرة السريعة إلى مطار القاهرة، وعلى وجه التحديد عملية مراجعة جوازات العائدين من الخارج، في فترات الأجازات الصيفية توضح إلى أي حد يتأثر نظام تقديم الخدمة بموسمية العمل.

وحتى يمكن مواجهة هذه المشكلة كثيراً ما تلجأ شركات الطيران على سبيل المثال، إلى منح خصم على أسعار السفر خلال فترات انخفاض الطلب على خدماتها، بل إن بعض المطاعم الشهيرة في العالم تتبع الأسلوب نفسه بمنح عروض سعرية أقل للوجبات خلال أيام الأسبوع بعيداً عن أيام عطلة نهاية الأسبوع.

رابعاً : يعتمد تقديم الخدمة على الاتصال المباشر بين منتج الخدمة ومتلقي الخدمة. فمن الشائع أن نقوم بشراء واستخدام بعض السلع الملموسة دون



معرفة الشركة التي قامت بإنتاجها أو الفرد داخل الشركة الذي تولى عملية الإنتاج. ولكن الأمر يختلف بشكل ملحوظ عند تقديم الخدمات في مكاتب البريد ومكاتب استخراج الجوازات والبنوك وغيرها، حيث يكون العميل جزء من عملية تقديم الخدمة ومتلقي الخدمة. وبالطبع تختلف درجة الاتصال ونوعه في عملية تقديم الخدمة. فقد يكون هناك اتصالاً بشكل دائم وملحوس بين مقدم الخدمة والمستفيد بها كما هو الحال في خدمة الكوافير وصالون الحلاقة، أو قد يكون الاتصال دائماً ولكن بشكل غير مباشر.

ومثال ذلك الخدمات التليفونية. كما يمكننا أيضاً أن نلاحظ حالة الاتصال المتقطع ولكن بشكل ملحوس في المطاعم والعلاج الطبي وعمليات تقويم الأسنان، أما حالة الاتصال المتقطع ولكن بشكل غير ملحوس فغالباً ما تكون مع الجهات التي تقدم خدماتها بشكل دوري عن طريق البريد أو التليفون. ومثال ذلك مصلحة الضرائب، والتعامل مع سماسرة بورصة الأوراق المالية.

ومن الواضح أن اختيار الأفراد وتدريبهم على كيفية التعامل مع العملاء يعد عنصراً أساسياً في نجاح منظمات تقديم الخدمات نظراً لاعتمادها على الاتصال بهم عند تقديم الخدمة.

**ثانياً :** صعوبة تقديم خدمة معقدة في منشآت الخدمة. سوف يتضح فيما بعد أن الإنتاج الكبير في كثير من المنشآت الصناعية يعتمد على تقديم منتج نمطي ذي مواصفات ثابتة (أو في حدود بعض البدائل النمطية) حتى يمكن تحقيق مزايا اقتصادية للعملية الإنتاجية. أما تقديم الخدمات فإنه يختلف بشكل كبير عن تلك الحالة. فعندما يتم تقديم الخدمة العلاجية يعتبر كل مريض حالة مستقلة بذاتها تحتاج إلى تشخيص خاص وعلاج ملائم. كذلك الأمر بالنسبة للقضايا التي يتم التعامل فيها في مكاتب المحاماة، فكل قضية تعتبر ذات ملابسات خاصة يجب التعرف عليها بشكل دقيق. ومع ذلك فإنه يصعب وضع مواصفات ثابتة لا تتغير من حالة إلى أخرى. فإذا أضفنا إلى ذلك أن عملية تقديم الخدمة تعتمد بشكل أساسي على مهارات وخبرات القائمين بتقديمها كما أشرنا من قبل، فإنه يمكن أن نتوقع اختلاف في جودة

ومواصفات الخدمة النهائية التي تصل للعميل بسبب اختلاف مهارات الأفراد المقدمين لها.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن هناك العديد من منشآت تقديم الخدمات، ومنها مطاعم Mc Donald's، التي تعمل جاهلة على توحيد مستوى الخدمة التي يتلقاها العميل في فروعها المختلفة وفي الأوقات المختلفة ويغض النظر عن القائمين بها.

**ثالثاً :** تقديم الخدمات في أماكن قريبة من العملاء. تتسم عملية تقديم الخدمات باللامركزية في الأداء نظراً لإنتاج الخدمة في لحظة تقديمها للعميل وعدم قابليتها للتخزين أو النقل كما أشرنا من قبل. وذلك عكس الحال بالنسبة للشركات الصناعية والتي عادة ما يبني قرار الموقع بها على القرب من المادة الخام أو الموردين بناءً على دراسة اقتصادية (كما سيتضح ذلك في الفصل الخامس بقرار الموقع).

وتجدر الإشارة هنا إلى أن إدخال العديد من النظم التكنولوجية الحديثة ووسائل الاتصال المقدمة قد ساعد على الاتجاه إلى المركزية في تقديم الخدمات مع وجود وسائل اتصالات دائمة وسريعة. ومثال ذلك البيع عن طريق قنوات التليفزيون أو الإنترنت في شبكات الكمبيوتر العالمية للحصول على للمعلومات والبيانات.

### □ أهداف إدارة الإنتاج والعمليات :

على الرغم من أن تحقيق الأرباح يظل هو الهدف الرئيسي للمشروعات إلا أن هناك بعض الأهداف الأكثر اتصالاً وقرباً من طبيعة وظيفية إدارة الإنتاج والعمليات. وكما ذكرنا من قبل، فإن تلك الأهداف يجب أن تنبع أساساً من الأهداف العامة للمنشأة، ويمكن تقسيم تلك الأهداف الخاصة بإدارة الإنتاج والعمليات إلى نوعين:

## (1) إرضاء المستهلك Customer Satisfaction :

من الطبيعي أن يقوم النظام الإنتاجي أساساً من أجل إنتاج المنتج أو تقديم الخدمة التي يتطلبها المستهلك، ويعني ذلك أن يكون الإنتاج بتكلفة معقولة مناسبة وأن يتم تقديم السامة أو الخدمة في الوقت المناسب وبمستوى الجودة المرغوب حسب المواصفات الموضوعية. وتعتبر هذه معايير مهمة في تقييم كفاءة إدارة الإنتاج والعمليات.

## (2) الإنتاجية المرتفعة Productivity :

على الجانب الآخر يجب على النظام الإنتاجي ألا يكون إرضاء المستهلك على حساب كفاءته في استخدام الموارد المتاحة. فقد يؤدي ذلك إلى الخروج تماماً من السوق وفشل المشروع. ولذلك يقوم المشروع بوضع بعض المعايير التي يقوم باستخدامها بشكل دائم في قياس كفاءته في استخدام الموارد. ومن بين هذه المعايير، معيار الإنتاجية. ونظراً لأهمية هذا الموضوع فسوف نغرد له فصلاً خاصاً فيما بعد.

## □ التطور التاريخي لإدارة الإنتاج والعمليات :

من الثابت أن بعض مبادئ إدارة الإنتاج والعمليات ظهرت تاريخياً قبل أن يصبح متعارف عليها في كتابات إدارة الأعمال الصناعية Industrial Management في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. فمنذ البداية، كان لابد على الإنسان منذ أن وجد على هذه الأرض أن يمارس الإنتاج لغرض الاستمرار في الحياة. وكان إنتاجه في البداية بغرض أن يشبع حاجاته سواء كان ذلك في عمليات الصيد وجمع الطعام أم عمليات الصيد والزراعة وممارسة بعض الحرف. وقد أدرك الإنسان منذ البداية أيضاً أهمية التخصص وتقسيم العمل، فقد كان على الرجل القيام بعمليات الصيد بينما على الزوجة رعاية الأسرة. بل ابتكر الإنسان منذ البداية أهمية العمل الجماعي في إنجاز بعض الأعمال التي لا يستطيع أن ينجزها الإنسان بمفرده. ولا زال تحقيق الإنتاج عن طريق العمل الجماعي هو الهدف الرئيسي لكل التنظيمات الإنسانية (Chester Barnard). وفي داخل الجماعة ذاتها استخدم بشكل أكبر مبدأ التخصص وتقسيم العمل. فقد كان من المألوف في مراحل لاحقة أن تخصص مجموعة من الأفراد في إنتاج

أدوات ولوازم الصيد والإنتاج بينما تقوم مجموعة أخرى بالإنتاج ذاته. ومن الطبيعي أن تظهر فكرة المبادلة بناتج العمل في هذه الحالة.

ومع ظهور الجماعات العائلية Family Groups المستقرة بعد أن عرف الإنسان الزراعة واستئناس الحيوان، ظهرت الحاجة إلى إدارة هذه الجماعات. وكان الهدف الرئيسي لإدارة هذه الجماعات هو تصريف أمورها فيما يتعلق بالسيطرة على زمام الثروة المتاحة وتحقيق القوة للمجموعة. ولذلك كان على الإدارة أن تنادي بالإنتاج الجيد Good Production والحفاظ على الثروة Conservation (George Claude) وفي خلال تلك الفترة ظهرت الجماعات الأكبر مثل القرى والمدن وشاع التخصص بشكل أكبر حتى على مستوى المجتمع ذاته. فقد أكلت بعض الأعمال اليدوية والفنية إلى طبقة معينة دون طبقة أخرى (Scarborough) وظهرت أيضاً الأساليب الفنية التي ما زالت - بمنطق العصر الحديث أيضاً - علامة على طريق الحضارة الإنسانية في مجال الإنتاج.

وسوف يتناول هذا الفصل عرضاً لواقع أساليب إدارة الإنتاج خلال المراحل التاريخية المختلفة.

## □ الإدارة والإنتاج عند قدماء المصريين :

عرف المصريون القدماء في البداية نشاط الإنتاج في شكل ممارسات اعتادوا عليها لغرض البقاء والاستمرار ولكنهم كانوا أكثر تطوراً وأرفع ابتداءً. فقد امتد نشاطهم ليشمل أنواعاً مختلفة من المنتجات الزراعية بالإضافة إلى بعض الصناعات القائمة على الإنتاج الزراعي مثل صناعة ورق البردي Papyrus Manufacture - وصناعة الكروم والنبيذ Viticulture - وصناعة الفزل والنسيج. وقد سهل ابتكارهم لمقاييس وأوزان ومكاييل إلى دفع عجلة نشاطهم الإنتاجي، فلم يكن غريباً ما وجده المؤرخون على جدران المعابد من عبارات تشير إلى حكم ونصائح موجهة من المتخصصين إلى الأفراد لدفع حركة النشاط الإنتاجي.

وقد أظهر المصريون بإبداعاتهم الخالد - الأهرامات - درجة التقدم الفني والإداري Know - How الذي اختلفوا به في تلك الفترة وبشكل خاص في مجال إدارة المشروع الكبير Large Scale Project Management. فلا شك أن أساليب إدارة الإنتاج والعمليات التي استخدمت في تحقيق هذا الإنجاز منذ ثلاثة آلاف سنة قبل الميلاد لها جليلة بالدراسة والتمحيص.

وقد حاول كل من Peters & Oliva إيضاح أهمية التعرف على مثل هذه التجربة في ممارسة وظيفة إدارة الإنتاج والعمليات عن طريق تصور لأهم التساؤلات التي كان على المصريين القدماء أن يجيبوا عليها حتى يمكن إنجاز مثل هذا المشروع الكبير. فقد قام المصريون باستخدام الموارد الرئيسية للإنتاج في ذلك العصر وهي: العمالة، المواد والأموال وكان عليهم أن يجدوا إجابة قاطعة لتساؤلات عبء مثل: ما هي أعداد الأفراد اللازمين من التخصصات المختلفة؟ وما هي درجة المهارة اللازمة من كل تخصص (تخطيط القوى العاملة)؟ كيف سيتم تنظيم هذا العدد من الأفراد وكيف سيتم الرقابة على أدائهم؟ كيف سيتم تغذيتهم وتزويدهم باللباس اللازمة، بل وتلبيس الإقامة لهم؟ وما هي مواصفات المواد التي سوف تستخدم في عملية البناء وكدها؟ من أين سوف يتم تلبيس هذه المواد؟ كيف سيتم تحريك تلك القطع الكبيرة من الأحجار من أماكن تواجدها إلى مواقع البناء؟ هل تتوفر المهارات الهندسية والمعمارية والرياضية التي تتولى تصميم المبنى وتنفيذه على النحو المرغوب؟

وبعد أن قدم الكاتبان هذه التساؤلات، أوضحنا أن تصدي المصريين للإجابة على تلك الأسئلة منذ حوالي خمسة آلاف عام يعطي لهم شهادة على القبرة على حل عدد لا يحصى من المشاكل في مجال إدارة الإنتاج والعمليات الخاصة بهذا العمل الخالد، ففي بناء الهرم الأكبر مثلاً، تم استخدام حوالي 2.3 مليون قطعة حجر يبلغ طول كل منها 30 قدم ويبلغ متوسط وزنها 2.5 طن. كما أن ارتفاع المبنى ذاته يبلغ 800 قدم بمساحة مربعة طول ضلعها قدره 800 قدم أيضاً. ومن الثابت أنه قد استخدم في عملية البناء حوالي مائة ألف عامل يعملون بنظام النوبات على أساس أن طول كل نوبة عشرة أيام ثم يحصلون على إجازة لمدة عشرين يوماً يعودون بعدها للعمل. وقد استمر

العمل في هذا البناء بهذا النظام لمدة عشرين عاماً. ودون أن تكون هناك نظرية ثابتة للإدارة آنذاك، استطاع المصريون القدماء أن يتعرفوا على كثير من مشاكل إدارة الإنتاج ويتصدوا لها بالحلول الملائمة.

ومن ناحية أخرى يشير عديد من الكتاب إلى أن القدماء المصريين عرفوا بعض الوظائف الإدارية كالتخطيط والتنظيم في ممارستهم، كما عرفوا المركزية واللامركزية وما يتبعها من تفويض السلطة في إدارة شئون البلاد. وقد حدى ذلك Claude إلى القول بأن "المتأمل في تاريخ المصريين القدماء يدرك أن العديد من المفاهيم الإدارية وبعض العمليات الفنية التي نعرفها ليست وليدة القرن العشرين".

أما عن النظام الإنتاجي في مصر القديمة فقد وجد الحرفيون التابعون لمشروعات الدولة. وبالأخص في مجال أعمال البناء والتشييد، وذلك بالإضافة إلى الحرفيين أصحاب الورش الخاصة: ولقد كان من الشائع أن يعمل الأبناء في ورشة آبائهم ويتناقلون عنهم الحرفة. ومع مرور الوقت ظهرت الورشة الكبيرة التي تعمل في السوق الحر وتضم العديد من الصناع الذين يعملون تحت إشراف صانع كبير (يسمى شيخ الطائفة) Overseer of craftsmen. وعلى الرغم من شيوع التخصص وتقسيم العمل داخل الورشة الواحدة إلا أن من يرغب في أن يكون صانعاً كبيراً كان عليه أن يلم بكافة الأعمال داخل الورشة.

وقد شهدت تلك الفترة أيضاً ظهور تدخل الدولة في تشريعات العمل فيما يتعلق بتحديد الأجور وساعات العمل. فقد كان قانون هامورابي The code of Hamurabi الشهير والصادر في حوالي 2250 سنة قبل الميلاد، أول تحديد معروف تاريخياً لأجور أصحاب الحرف Artisans والأطباء والكهنة Physicians والأطباء المعالجين للحيوانات Veterinarians.

وعلى عكس ما ذكر Granier عن استخدام الرقيق في الإنتاج في مصر القديمة، فقد أوضح Petrie أن نظام الرقيق Slaves لم يستخدم إلا في حدود ضيقة في المجال الإنتاجي. فقد كان الخادم يقيم على الأرض التي يقوم بعملها.. لديه منزله الخاص،

ولا يجوز أن يتم بيعه، حتى أن الأسرى الذين استقدمهم "رسميس الثالث" من الغرب ومن سوريا تم استخدامهم في أعمال حكومية وتم توزيع بعضهم على الجيش والمناصب الرسمية Officials. ولكن من الثابت أيضاً أنهم لم يكونوا يحصلون على أجر نقدي بل كان يتم الإنفاق عليهم عن طريق ميزانية الدولة.

وقد أوضحت المصادر التاريخية أيضاً أن المصريين القدماء قد استخدموا أسلوب الجواهر والمكافآت. فقد كان يتم الإنعام على حكام الأقالييم بالألقاب وربما الإقطاعيات، بل وأن يسمح لهم الفرعون بأن تكون مقابرهم في نفس منطقة المقابر الذي يدفن فيها الفرعون. كما شاع أن يكون هناك احتفال سنوي يقوم فيه الفرعون بنفسه بمنح جوائز للعاملين الذين قاموا بإنجاز طيب خلال العام، وبصفة خاصة ببناء المعابد. وقد حرص أصحاب الأعمال من طبقة النبلاء على تحقيق رضا العاملين والمشرهين لما في ذلك من أثر على تحسين إنتاجية العاملين، ويتضح ذلك من أحد النصوص المسجلة على أحد المعابد على لسان أحد النبلاء.

"Whether Craftmen or quarmen, I satisfied them".

### □ الثورة الصناعية 1750:

كان لظهور الثورة الصناعية في إنجلترا في منتصف القرن الثامن عشر أثر على ظهور أساليب تكنولوجية جديدة تعتمد على الآلة بدلاً من الأفراد في إنجاز الأعمال العضلية. وقد استمر أيضاً هذا الاتجاه التكنولوجي اعتماداً على تجميع أجزاء الآلة وتطويرها مع تجميع المنتج ذاته حتى ظهر نظام الإنتاج الكبير Mass-Production. ولقد كان هناك أثر آخر للثورة الصناعية، بالإضافة إلى الأثر التكنولوجي، متمثلاً في ظهور الحاجة إلى أنماط جديدة للتنظيم وإدارة العملية الإنتاجية. فمن أهم مظاهر الثورة الصناعية إحلال نظام الإنتاج في المصنع محل الحرف. فقد كان لكل حجم المصنع، وانفصال الملكية عن الإدارة، وظهور النقابات العمالية أثر في ظهور الحاجة إلى ما يسمى بالدير المحترف الذي تعتمد ممارسته على القواعد المدروسة والمتفق عليها.

ومن أهم المحاولات التي بذلت لوضع إطار لعملية ممارسة وظيفة الإدارة في المصنع محاولات كل من آدم سميث وإلي ويتني وشارلز بياج.

### □ آدم سميث 1776: Adam Smith

يعتبر الاقتصادي الاسكتلندي "آدم سميث Adam Smith" أول من لفت الأنظار بشكل منظم إلى أهمية الدور الذي يقوم به الإنتاج في اقتصاديات الشعوب، وقد اهتم في كتابه "ثروة الأمم" بإيضاح أهمية الاعتماد على التخصص وتقسيم العمل كوسيلة لزيادة المخرجات Output، وأوضح أن ذلك يرجع إلى ثلاثة أسباب رئيسية،

- (1) زيادة سرعة العامل في أداء الجزء الموكّل إليه من العمل.
- (2) تلاشي الوقت الضائع بسبب عدم قيام العامل ذاته بعمليات المناولة، فيمكن أن يقوم بعمليات المناولة شخص متخصص آخر.
- (3) سوف يؤدي التخصص إلى اختراع عدد كبير من الآلات التي تسهل العملية الإنتاجية وتقلص دور العمل اليدوي.

وتعتبر هذه الملاحظات ذات أهمية خاصة حيث إنها تعتبر الأساس لكل التطورات التي حدثت في العصر الحديث في مجالات تبسيط العمل Work Simplification وتحليل العمليات Process Analysis ودراسة الوقت Time Study.

### □ إلي ويتني 1798:

في الولايات المتحدة الأمريكية استخدم Eli Whitney في عام 1798 الأجزاء القابلة للتغيير Interchangeable Parts في إنتاج الأسلحة، ويعني ذلك إمكانية تغيير أجزاء نمطية معينة من السلة في حالة استهلاكها أو توافرها عن العمل. ولقد كان هذا الابتكار بداية للتوسع الكبير في إنتاج السلع التي تتكون من مكون Component، بل وتجهيز هذه المكونات بشكل مستقل ثم تجميعها في شكل سلة تامة المصنع عن طريق عملية التجميع ذاتها. كذلك فقد أدخل Eli Whitney كل من فكرة محاسبة التكاليف وفكرة إجراء الرقابة على الجودة في مصنعه الخاص بإنتاج البنادق Musket.

## □ شركة سوهو الهندسية 1800:

في بداية القرن التاسع عشر تمت في إحدى الشركات الهندسية بإنجلترا ممارسة لبعض الأساليب التي تعتبر معالم تاريخية على طريق تقدم إدارة الإنتاج وعلم إدارة الإنتاج وعلم الإدارة بصفة عامة. فقد أوضح George Claude في كتابه الخاص بتاريخ علم الإدارة أن تلك الشركة قد تركت بصمات واضحة في مجالات بحوث السوق، والتنبؤ، وتخطيط موقع المصنع، والترتيب الداخلي للآلات. كما أنها أنشأت معايير ولحماط للإنتاج، ونظم تخطيط الإنتاج، وتوصلت إلى المكونات النمطية للمنتج، بالإضافة إلى تطبيقات في مجال الرقابة على التكاليف والنظم الحاسوبية وتدريب العاملين، ودراسة العمل ونظم الحوافز، ونظم المزايا المينية للعاملين.

## □ شارلز باباج 1833 Charles Babbage:

في كتابه حول اقتصاديات الآلات والمصانع On the Economy of Machines، قدم المهندس، والفيلسوف، والرياضي شارلز باباج في عام 1833 كيفية استخدام كل من دراسة الزمن، نظام الأبحاث والتطوير، اختيار موقع المصنع على أساس تحليل اقتصادي، استخدام نظم دفع الأجور التشجيعية والحوافز، وأنواع أخرى من الأساليب التي تعتبر جوهر ممارسة وظيفة إدارة الإنتاج في العصر الحديث. ومن الجدير بالذكر أن كثير من تلك الأفكار قد تم معالجتها تفصيلاً في حركة الإدارة العلمية التي تزعّمها تايلور بعد حوالي 75 سنة من أعمال باباج. وكذلك فقد قام شارلز باباج بأول محاولة معروفة لاختراع الكمبيوتر الرقمي Digital Computer ولكن المشاكل المالية قد حالت دون تنفيذ هذا الاختراع في ذلك الوقت.

## □ حركة الإدارة العلمية 1911:

قدم تايلور Frederick W. Taylor في عام 1895 مدخلاً يعد جديداً في الطريقة التي يتم بها النظر إلى النظام الإنتاجي، متأثراً جداً بسمات تلك الفترة في الولايات المتحدة الأمريكية. فقد قدم تايلور فلسفة للإدارة تقوم على التحليل Analyzing والقياس Measuring اعتماداً على الطريقة العلمية Scientific Method في حل المشاكل.

وجدير بالذكر هنا أن تايلور لم يكتشف أي من المفاهيم الرئيسية أو الأساليب التي ارتبطت بتقليدهم لفكرة الإدارة العلمية. وعلى الرغم من ذلك فإن له السبق الأكبر في أنه جمع تلك الأفكار بشكل متناسق في إطار وفلسفة واضحة يمكن تطبيقها في الصناعة جميعها.

وقد كانت فكرة تايلور الأساسية هو أن هناك قوانين علمية تحكم معدل الإنتاج اليومي للعامل وأن وظيفة الإدارة هي أن تكتشف استخدام تلك القوانين في تشغيل النظام الإنتاجي.

\* ولد في مارس عام 1856 في ولاية فيلادلفيا ثم عمل تلميذاً صناعياً في ورشة صغيرة وهو في الثامنة عشر. ثم التحق بعلمها بشركة ميلغال للصلب وتدرج خلال الثماني سنوات التالية من عامل عادي ثم مشرف على العمال فمساعد مهندس إلى كبير مهندسي الشركة.

\* نشر دراسته في كتابه "إدارة الورش" عام 1903 كما نشر أفكاره عن الإدارة العلمية في كتابه الأكثر ذيوفاً "أصول الإدارة العلمية" في عام 1911، ويمكن إيجاز مساهمات تايلور فيما يلي:

(1) تجربة عن أفضل وزن للجاروف المستخدم، كبنية لعلم دراسة الحركة ووضع معدلات الأداء.

(2) تقديم فلسفة جديدة تقوم على:

(أ) تنحية واستخدام العلم في تحديد كل عنصر من عناصر العمل وذلك بدلاً من استخدام القواعد العشوائية في قياس العمل.

(ب) استخدام العلم في اختيار وتدريب العمال والمشرفين.

(ج) خلق روح التعاون بين العمال والإدارة.

(د) تقسيم العمل بين العمال والإدارة.

وقد ترتب على إدخال خط الإنتاج أن أصبح الإنتاج الكبير Mass Production هو النظام السائد في الصناعة، مما كان له آثار بعيدة على نمط الإدارة والنظرة إلى العامل الإنساني في الصناعة. ونشأت في إدارة الإنتاج مشاكل أخرى من نوع جديد تطلبت كثير من الدراسات لإيجاد الحلول لها. وجدير بالذكر أن نظام خط الإنتاج الحالي للسيارات قد وصل بزمان الدورة إلى حوالي 15 دقيقة فقط.

### □ حركة العلاقات الإنسانية :

بدأت في عام 1927 جماعة للبحث من جامعة هارفارد للدراسات العليا في الإدارة بقيادة عالم الاجتماع التون مايو Elton Mayo بدراسة أثر التغير في بعض الظروف المادية المحيطة بالأداء على إنتاج العاملين.

وقد تمت هذه الدراسة في أحد مصانع ويسترن إليكتريك Western Electric بمدينة هوثرون Hawthorne في ولاية إلينوى الأمريكية. وقد أوضحت الدراسة أنه ليست هناك علاقة مباشرة بين التغير في بعض الظروف المادية المحيطة بالأداء والإنتاجية. فقد كان العاملون أكثر اهتماماً بالطريقة التي تم بها تقديم التغير أكثر من اهتمامهم بالتغير ذاته. وبسبب تلك النتائج غير المتوقعة ظهرت أهمية العامل الإنساني في الإنتاجية وبدأت سلسلة من الأبحاث التي تنصب على تقييم بيئة العمل والدوافع. وكانت فاتحة جنيصة لجمال كبير في الإدارة يسمى بمدخل العلاقات الإنسانية. Human Relations School of Management.

### □ الحرب العالمية الثانية وبحوث العمليات :

ظهرت أثناء الحرب العالمية الثانية مجموعة من أقوى الأساليب الكمية وطرق التحليل التي تستخدم في علم الإدارة. وتعرف هذه الأساليب الكمية Quantitative Methods باسم بحوث العمليات Operations Research أو علم الإدارة Management Science. فقد تم في إنجلترا تشكيل أول مجموعة من العلماء من تخصصات مختلفة تهدف أثناء الحرب إلى دراسة المشاكل الاستراتيجية والتكتيكية المرتبطة بنظام الدفاع الجوي والطيران Air and Land Defense في الدولة.

وقد كان هناك ردود فعل مختلفة للجهود التي قام بها تايلور. وقد كان من أهم تلك الاتجاهات موقف النقابات العمالية التي رفضت تماماً مبادئ الإدارة العلمية إلى أن وصل الأمر إلى الكونغرس الذي أصدر قراراً بتأجيل إدخال مثل هذه الأساليب إلى أن تتم عليها الدراسات الكافية. وفي عام 1913 أصدر الكونغرس قراراً بعدم صحة وجهة نظر النقابات العمالية في ادعائها. وجدير بالذكر أن نشر هذا إلى أن الاستخدام السليم والتطبيق السريع لبعض أفكار الإدارة العلمية أدى إلى ظهور أثر غير طيب على اتجاه العاملين نحوها. فقد قامت بعض الشركات بتطبيق بعض الأساليب الخاصة بالعمل فقط دون أن تعي الصورة الكاملة لحركة الإدارة العملية والتي تستلزم الجهد الكامل من جانب كل من الإدارة والعمال معاً.

كذلك فقد كانت هناك مساهمات عديدة أخرى لرواد آخرين في حركة الإدارة العلمية نذكر منهم فرانك جيلبرث Gelberth وزوجته ليليان الذين قدموا مساهمات عديدة في كل من علم دراسة الحركة واستخدام علم النفس في الصناعة. كذلك فهناك هنري جانت الذي قدم نظاماً لجدولة الإنتاج يقوم على خرائط جانت Gantt Charls والتي ما زالت مستخدمة حتى الآن بالإضافة إلى تقديمه لطرق تشجيعية أخرى في دفع الأجر.

### □ خط التجميع Assembly Line 1913 :

في عام 1913 قدم هنري فورد فكرة خط التجميع كأساس لترتيب الآلات بدلاً من الاعتماد على نظام الأقسام الإنتاجية المختلفة، وقد كان ذلك بمثابة ثورة كبيرة في معدلات الإنتاجية. فقبل استخدام الخط في أغسطس من العام نفسه كان يستغرق إنتاج الشاسيه Chassis الواحد للسيارة حوالي  $12\frac{1}{2}$  ساعة عمل، وبعد هذا التاريخ بحوالي 8 شهور، وبعد إدخال الخط، وعلى أساس أن كل عامل يقوم بأداء جزء صغير من العمل ويتحرك الشاسيه آلياً أمامهم، وصل متوسط الوقت اللازم للشاسيه الواحد إلى حوالي 93 دقيقة فقط.

وكان هدفهم هو ان يقرروا افضل استخدام فعال للموارد المحدودة للجيش البريطاني في إقامة نظام للإنذار المبكر ل سلاح الطيران الملكي البريطاني. وقد كان هذا التشكيل بمثابة أول نشاط رسمي في مجال بحوث العمليات.

ولقد كانت للنتائج الطيبة التي توصلت إليها تلك المجموعات اثر كبير على تشجيع إدارة الجيش الأمريكي أيضاً على القيام بتشكيل مجموعات متشابهة تتولى اعمال مشابهة في مجال البحرية والطيران الأمريكي.

وبعد انتهاء الحرب، انتقل استخدام بحوث العمليات إلى المجال الصناعي اعتماداً على مجموعات عمل من تخصصات مختلفة.

وتقوم بحوث العمليات على استخدام النماذج والأساليب الكمية (الرياضية) في حل المشاكل الإدارية بهدف الوصول إلى ما يسمى بالحل الأمثل Optimal Solution باستخدام خطوات محددة. كذلك فإنها تقدم مدخل النظام System Approach لمعالجة كثير من المشاكل الإدارية. ولاشك ان ذبوع استخدام هذه الأساليب في العشر سنوات الأخيرة بالذات يرجع إلى انتشار واستخدام الكمبيوتر الذي سهل إلى حد كبير من استخدام هذه الأساليب. فهناك الآن عديد من البرامج الجاهزة Canned Computer Programs والتي يمكن استخدامها في حل أعقد المشاكل عن طريق أصعب الأساليب الرياضية من خلال خطوات محددة وواضحة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه لا يمكن القول بأن استخدام الأساليب الإحصائية والرياضية في ميدان الأعمال لم يظهر كلية إلا مع ظهور بحوث العمليات بعد الحرب العالمية الثانية ولكن ظهور مجال متكامل متخصص كان هو الجديد.

فقد قام هاريس Harris في عام 1915 ببداية مبكرة عندما استطاع باستخدام التحليل الرياضي أن يطور منهج اقتصادي للرقابة على المخزون يمكن استخدامه في الحالات البسيطة. كما كان للمساهمات التي قام بها فيشر Ronaid A. Fisher عام 1925 في طرق الإحصاء الحديث، وتقديم نظرية الاحتمالات في عام 1928 آثاراً مباشرة على تطوير أساليب رياضية كثيرة في مجال الإنتاج. كذلك فقد ساهم شوهارت

Wather Shewhart في عام 1930 بتطوير كبير في هذا الميدان عن طريق التطبيقات التي قام بها لمراقبة الجودة بواسطة الأدوات الرياضية. كما ساهم تبت L.H.T في عام 1934 بتطوير نظرية العمل وما تضمنته من استخدام للنظرية الإحصائية في تحديد أوقات العمل والتأخير والحاجات الشخصية.

### □ الإدارة الصناعية وإدارة الإنتاج:

شهدت الفترة من الأربعينات وحتى أوائل الخمسينات عديد من الكتابات في ميدان إدارة الإنتاج. وكان المحور الذي تتناوله تلك الأعمال هو المصنع بمشاكله المختلفة. فكانت هناك حاجة ماسة إلى جمع القواعد الإدارية التي تساعد على ممارسة وظيفة إدارة المصنع في مجالات الشراء، الإنتاج، التسويق، الأفراد، التمويل في مرجع واحد. وقد أخذت تلك المراجع مسميات الإدارة الصناعية Manufacturing Management أو إدارة المصنع Plant Management أو الهندسة الصناعية Industrial Engineering أو التنظيم الصناعي Industrail Organization. وفي أواخر الخمسينات وأوائل الستينات، بدأ الكتاب في كتابة مراجع تركز فقط على إدارة وظيفة الإنتاج. وقد كان ذلك وضعاً طبيعياً لظهور كتابات مستقلة في الميادين المختلفة التي تغطي وظائف المشروع الرئيسية. ومن أهم كتب إدارة الإنتاج التي ظهرت وساهمت في وجود حرية متكاملة لوظيفة الإنتاج وأبرزت تشابه المشاكل التي يواجهها النظام الإنتاجي كتاباً Buffa, Bowman & Fetter. فقد ظهر في عام 1957 كتاب Bowman & Fetter بعنوان "Analysis For Production Management" بينما ظهر كتاب Buffa في عام 1961 تحت عنوان "Modern Production Management".

وعلى الرغم من أن تلك الأعمال المبكرة وضعت الإطار العام لعلم إدارة الإنتاج وأوضحت العلاقة بين وظائف الإنتاج المختلفة داخل المشروع بالإضافة إلى تقديمها لتطبيقات عديدة لكثير من الأساليب الكمية في ميدان إدارة الإنتاج. إلا أن تركيز هذه الأعمال كان منصباً بشكل كبير على البيئة الصناعية. وكان استخدام كلمة إنتاج Production في عنوان تلك الأعمال إشارة إلى أن غالبية التطبيقات تكون في المجال الصناعي. وبالطبع يرجع ذلك إلى التعريف المحدود جداً لدى البعض لكلمة إنتاج.

## □ الكمبيوتر في مجال إدارة الإنتاج :

أصبح من الواضح في العشرين سنة الماضية أن استخدام الكمبيوتر يعد من أهم الأساليب التي يمكن الاعتماد عليها في حل كثير من مشاكل وظيفة الإنتاج والعمليات. فمن الشائع الآن استخدام الكمبيوتر في عمليات الجدولة Scheduling والرقابة على المخزون Inventory Management وتصميم المنتج Computer Assisted Design وتخطيط الطاقة وأولويات تشغيل الأصناف. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الأمر لم يعد يحتلزم الحاجة إلى مهارة كتابة برامج الكمبيوتر. هناك الآن البرامج الجاهزة Softwares التي يمكن استخدامها بشكل مباشر في إنجاز هذه الأعمال. ومن أكثر تلك البرامج شيوعاً لأغراض تعليمية والتي يمكن استخدامها على الحاسب الشخصي PC برامج:

Quantitative System For Business + (QSB+)

Computer Models For Management Science (CMMS)

Production and Operation Management Software (POMS)

ونظراً لحدودية استخدام بعض النماذج الرياضية في حل مشاكل الإنتاج، بسبب عدم تطابق الحالات السائلة مع الفروض التي تقوم عليها تلك النماذج، فقد ظهر استخدام الكمبيوتر للوصول إلى بعض الحلول المقبولة والتي ليست بالضرورة حلولاً مثلى، وتكون الوسيلة في ذلك هي الاعتماد على قواعد الاجتهاد النظام Heuristics وعمل تجريب ومحاكاة Simulation لمعرفة أثر تلك القواعد على النتائج واختيار القواعد التي تؤدي إلى أفضل النتائج من بين تلك القواعد المعروضة. ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى تشابك وتداخل وظائف إدارة الإنتاج مع بعضها البعض بالإضافة إلى العلاقات الضرورية بين وظيفة الإنتاج والوظائف الأخرى في المشروع.

أما وقد اتضح أن كثير من أساليب إدارة الإنتاج من الممكن استخدامها في حل مشاكل النظم الإنتاجية التي تقدم الخدمات. مثل المدارس والمستشفيات والمطاعم وشركات الطيران. فقد ظهر اتجاه الآن يطلق على المراجع التي ظهرت بعد ذلك يميل إلى استخدام تسمية إدارة الإنتاج والعمليات Production and Operations Management. بالإضافة كلمة العمليات Operations كان للدلالة على أن المجال يتسع ليشمل مشاكل وحدات تقديم الخدمات بالإضافة إلى مشاكل الوحدات الصناعية. ويهتم كتاب الكاتبين Chase & Aquilano في عام 1973 من أوائل الكتب التي اختارت تلك التسمية والتي ركزت أيضاً على المدخل الإداري، بدلاً من المدخل الهندسي، في معالجة مشاكل وظيفة الإنتاج.

وقد ترتب على ذلك الاهتمام المستقل بوظيفة الإنتاج والعمليات في المنشآت ظهور الهيئات العلمية المتخصصة التي تعمل على تطوير الكتابات والبحوث والممارسات في هذا المجال. وأهم تلك الهيئات :

The American Production & Inventory Control Society

(APICS),

The Operations Management Association (OMA),

The Production & Operations Management Society (POMS).

كذلك فهناك بعض الهيئات العلمية المرموقة والتي تجعل من بين اهتماماتها تطوير إدارة الإنتاج والعمليات، وهي:

The Decision Sciences Institute (DSI),

The Institute of Management Science (TIMS),

The Society for Advancement of Management (SAM).



## □ البيئة وإدارة الإنتاج :

ظهرت في العصر الحديث، وخاصة في السنوات الأخيرة، بعض الحركات التي تهدف إلى حماية البيئة من الآثار الجانبية لوجود بعض المشروعات التي لها بعض الآثار السلبية على البيئة مثل تلوث الهواء والماء والأرض بالمواد الكيميائية التي لها تأثير ضار على الأفراد بل وعلى الحيوان والنبات. كما أصبحت الكتابات في الفترة الأخيرة مهيمنة بما يتعرض له العالم ككل من مجاعات واحتمالات النفاذ لكثير من الموارد الطبيعية التي اعتبرتها المشروعات موجودات مسلم بها ومتاحة بشكل دائم. وقد ترتب على كل ذلك ظهور مجموعة كثيرة من القوانين تنظم حماية البيئة كما أنه من المتوقع أن تصدر قوانين تحرم استخدام كثير من الموارد حسب المعدلات الذي تتم به الآن.

ونتيجة لذلك الاتجاه يجب على مدير الإنتاج في العصر الحالي وفي المستقبل أن يضع نظاماً يوضح له بشكل مباشر أثر البيئة على أنشطة المشروع الإنتاجية. فعلى سبيل المثال أصبح لقوانين حماية البيئة من التلوث أثر على كل من وظائف اختيار الموقع، تصميم المنتج، الرقابة على الجودة واختيار نوع التكنولوجيا الملائم.

ومن ناحية أخرى فقد أصبح من الواضح الآن أن الظروف التي تعمل فيها الوحدة الإنتاجية قد تعطلت من المدير اتباع سياسة معينة قد لا تستخدم في بيئة أخرى. ويتضح ذلك بشكل خاص بالنسبة للمنشآت التي تباشر أعمالها الإنتاجية في أماكن مختلفة من العالم سواء كانت هذه الشركات صناعية أم من منشآت تقديم الخدمات. فمن المؤكد أن التكلفة النسبية لعناصر الإنتاج في المناطق المختلفة من العالم سوف تحكم إلى حد كبير شكل العملية التكنولوجية التي يتم اختيارها لكل موقع حسب الظروف البيئية السائدة. فقد يتم الاعتماد على اليد العاملة في المناطق التي تتسم بالرخس النسبي لهذا العنصر بينما يتم الاعتماد على الميكنة والآلية بشكل أكبر في الأماكن التي يمثل عنصر العمالة بها تكلفة مرتفعة نسبياً.

## □ الاتجاهات المعاصرة في إدارة الإنتاج والعمليات :

إن المتأمل للفكر الإداري في مجال إدارة الإنتاج والعمليات يمكنه أن يرصد مجموعة من الاتجاهات الحديثة والتي تؤثر على ممارسات الأعمال بصفة عامة وعلى ممارسات وظيفة الإنتاج بشكل خاص. وقد أوضح (Stevenson, 93) أنه على الصعيد العالمي يمكن القول بأن أهم تلك العوامل هي:

- (1) العالمية Globalization في ممارسة الأعمال.
- (2) الحاجة إلى وجود استراتيجيات مخصصة للإنتاج والعمليات Operations Strategy في إطار من الاستراتيجيات العامة للمنشأة.
- (3) التركيز على فكرة إدارة الجودة الشاملة Total Quality Management والمعروفة باختصار TQM.
- (4) أهمية المرونة في تصميم النظم الإنتاجية Flexibility.
- (5) ابتكار أساليب حديثة لتخفيض الوقت المستغرق في كل مراحل النظام الإنتاجي Time Reduction، سواء كان ذلك في مرحلة ابتكار المنتج أم تصميمه أم إنتاجه أم توزيعه.
- (6) الاهتمام بكيفية إدخال النظم التكنولوجية الحديثة في العملية الإنتاجية بشكل يجعلها إضافة وليست عبئاً على تلك النظم.
- (7) تشجيع مشاركة العاملين وخلق روح الفريق وتنمية العمل الجماعي داخل المنظمات.
- (8) دراسة الآثار البيئية للمنظمات ومراعاة قواعد حماية البيئة عند مباشرة كافة الوظائف الإنتاجية.

وفي مصر يمكن القول بأن هناك مجموعة من العوامل التي تستحق الدراسة، والتي من المتوقع أن يكون لها تأثير مباشر على أداء وظيفة الإنتاج، وأهم تلك العوامل :

(أ) التحول من نظام الاقتصاد المخطط الذي يعتمد بشكل أساسي على إدارة الاقتصاد القومي ككل إلى النظام الحر الذي يعتمد على إدارة الوحدات الاقتصادية بشكل مستقل.

(ب) تغيير شكل ملكية المؤسسات الاقتصادية، وهو ما عرف بنظام الخصخصة Privatization، والذي يتطلب أساليب ونظم إدارية متميزة.

(ت) اتباع نظام حرية التجارة وإلغاء عديد من نظم الحماية الجمركية والذي من شأنه أن يخلق مناخاً تنافسياً حاداً يستلزم الاهتمام الكامل بالوظيفة الإنتاجية حتى يمكن تحقيق أقل التكاليف، وأفضل مستوى للجودة، والتقديم في الوقت المناسب للسلع المنتجة محلياً.

(ث) تشجيع إنشاء الشركات العالمية الصناعية والخدمية في مصر، والذي يمثل تهديداً حقيقياً للشركات الوطنية التي يجب أن تعمل على الاحتفاظ بأسواقها المحلية من خلال التميز الدائم.

(ج) ظهور فرص وتهديدات في المنطقة المحيطة بمصر والتي تتمثل في وجود اتفاقيات تصالح في المنطقة بين بعض الأطراف، وظهور أسواق جديدة لم تكن موجودة من قبل، بل واحتمال ظهور كيانات تنافسية في المنطقة تحت مسمى السوق الشرق أوسطية. وسوف يستلزم ذلك وجود فكر استراتيجي في إدارة العمليات بالإضافة إلى أساليب إدارية تحقق التميز في المنطقة.

## الفصل الثاني

### إدارة الإنتاجية

## Productivity Management

- مفهوم الإنتاجية .
- الإنتاجية والمنافسة العالمية.
- العوامل التي تؤثر سلباً على معدل نمو الإنتاجية.
- أهمية تحقيق مستوى إنتاجية متميزة .
- دورة إدارة الإنتاجية :
  - قياس الإنتاجية.
  - تحليل الإنتاجية.
  - تحسين الإنتاجية.

## الفصل الثاني

### إدارة الإنتاجية

#### Productivity Management

##### □ مفهوم الإنتاجية:

على الرغم من استخدام لفظ "إنتاج" في بيئة الأعمال والخدمات بشكل دائم إلا أن هذا اللفظ، - لسوء الحظ - لا يعكس كثيراً درجة نجاح المنشأة، فيقصد بالإنتاج Production إجمالي عدد الوحدات (سلعة أو خدمة) التي تنتجها المنشأة خلال فترة زمنية سواء كان ذلك مقاساً في شكل وحدات أو في شكل قيمة. فمن الشائع أن يقال أن إجمالي إنتاج الشركة قد بلغ 50,000 طن خلال العام أم 70,000 جالون خلال الشهر أو 1500 سيارة يومياً. كذلك فقد يتم التعبير عن إجمالي الإنتاج في شكل قيمة مالية، فيقال أن قيمة إجمالي الإنتاج هي 250,000 جنيه خلال العام.

وعلى الرغم من أهمية قياس الإنتاج Production إلا أنه لا يعبر كثيراً عن درجة كفاءة الشركة في استخدام مواردها. فإذا كانت الشركة في مثالنا السابق قد أنتجت 1500 سيارة خلال اليوم فهل يعني ذلك وبشكل تلقائي نجاح الشركة في وظيفتها الإنتاجية؟ إن الإجابة على ذلك هي بالنفي. فحتى يمكن الحكم على كفاءة الشركة يجب أيضاً معرفة إجمالي الموارد التي تم استخدامها في إنتاج هذا العدد من السيارات. ويقصد بالموارد هنا كافة عناصر الإنتاج (عمالة - مواد - رأس مال - خدمات) التي تم استخدامها في تحقيق هذا الإنتاج. ويطلق على تلك الموارد المستخدمة في الإنتاج اصطلاح "المدخلات" Inputs. أما إجمالي الإنتاج المحقق فيطلق عليه اصطلاح "المخرجات" Outputs. وعلى ذلك فإنه يجب أن يكون هناك مقياس للعلاقة بين كل من مخرجات ومدخلات المنشأة خلال فترة زمنية معينة. ويطلق على هذا المقياس اصطلاح "الإنتاجية" Productivity بدلاً من الإنتاج Production، ويحسب كما يلي:

$$\text{الإنتاجية} = \frac{\text{المخرجات}}{\text{المدخلات}}$$

المدخلات

ويهمنا هنا أن نشير إلى أن هذا المقياس للإنتاجية يمكن استخدامه في منشآت الخدمات أيضاً. فيمكن قياس إنتاجية الفندق خلال العام عن طريق قسمة قيمة

#### حالة غير مرغوبة

##### الخلط بين مفهوم الإنتاج والإنتاجية

في أحد تقارير الأداء السنوية المنشورة لإحدى شركات إنتاج الورق في مصر. جاء ذكر الإنتاجية على أنها كمية الإنتاج الإجمالية في شكل عدد الوحدات المنتجة بالطن وعلى أنها قيمة الإنتاج الإجمالية بالجنيه!!!

الإنتاج الفعلي 81 / 82.

الكمية 32865 طن

القيمة 13874 ألف جنيه

الإنتاج الفعلي 80 / 81.

الكمية 39824 طن

القيمة 17933 ألف جنيه

وقد جاء في التقرير " ويتضح من الجدول السابق انخفاض الإنتاجية المحققة للشركة سنة 82/81 عن الفترة السابقة بنسبة 17% على أساس الكمية 23x على أساس القيمة".

يتضح من هذا المثال أن هناك خلطاً واضحاً بين الإنتاج والإنتاجية. الإنتاج هو إجمالي المخرجات (بالكمية أو بالقيمة) بينما الإنتاجية هي العلاقة بين المخرجات والمدخلات.

المخرجات على قيمة المدخلات كما في مثالنا السابق أيضاً.

أما وقد اتضح الآن معنى كلمة إنتاجية Productivity فإنه تلزم الإشارة إلى معنى بعض المصطلحات الأخرى التي تستخدم في غير موضعها في بعض الأحيان مثل الفعالية Effectiveness والكفاءة Efficiency. فهينما نعتبر الإنتاجية مقياساً للمقدرة على خلق الناتج (المخرجات) باستخدام عوامل الإنتاج (المدخلات) خلال فترة زمنية محددة، فإن الفعالية هي مدى مساهمة الأداء الذي يتم القيام به (أو القرار الذي يتم اتخاذه) في تحقيق هدف محدد موضوع بشكل مسبق. أي أنها مقياس للدرجة الاقتراب من الهدف المنشود نتيجة للقيام بعمل ما. فإذا كان الهدف المنشود هو تحسين

ويعبر عن كفاءة استخدام الموارد في تحقيق الإنتاج الكلي للمنشأة.

وللدلالة على أهمية الاعتماد على الإنتاجية بدلاً من الإنتاج في قياس كفاءة المنشأة

دعنا الآن نأخذ المثال التالي:

بفرض أن إحدى الشركات الصناعية قد حققت أرقام الإنتاج التالية خلال عامين

متتاليين:

السنوات	1987	1988
إجمالي الموارد (جنيه)	1500	2200

كما أن قيمة الموارد المستخدمة في هذا الإنتاج خلال عامين كانت كما يلي:

السنوات	1987	1988
إجمالي الإنتاج (جنيه)	1200	3000

إن النظرة الأولى لهذه الحالة توضح أن كفاءة الشركة قد تحسنت نظراً لأن إنتاج الشركة قد زاد من 1500 جنيه إلى 2200 جنيه، ولكن تأمل العلاقة النسبية بين كل من الإنتاج (المخرجات) والموارد المستخدمة (المدخلات) يؤدي إلى التوصل إلى نتيجة عكسية تماماً، فيمكن حساب إنتاجية الشركة خلال عامين كما يلي:

$$\text{إنتاجية عام 1987} = \frac{1500}{1200} = 1.25 \text{ جنيه.}$$

ويعني ذلك أن كل جنيه واحد في الموارد المستخدمة قد حقق ما يعادل 1.25

جنيه إنتاج.

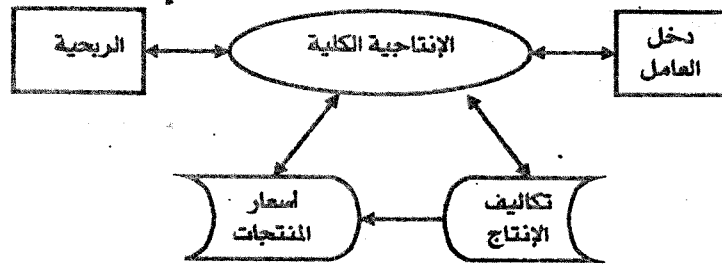
$$\text{إنتاجية عام 1988} = \frac{2200}{3000} = 0.73 \text{ جنيه.}$$

ويعني ذلك أن كل جنيه واحد في الموارد المستخدمة قد حقق ما يعادل 0.73 جنيه إنتاج. وتعني هذه الأرقام أن إنتاجية الشركة قد انخفضت من 1.25 في عام 1987 إلى 0.73 فقط في عام 1988. ويعني ذلك انخفاض في قدرة الشركة على استخدام مواردها، أي انخفاض إنتاجيتها.

### □ أهمية تحقيق مستوى إنتاجية متميز:

قد يثار الآن تساؤل منطقي وهو: لماذا كل هذا الاهتمام بقضية الإنتاجية ألا تكفي المؤشرات المالية للحكم على كفاءة المنشأة؟

إن الإجابة على الشق الأول من السؤال تكمن في أن الإنتاجية المتميزة يكون لها نتائج إيجابية ومرغوبة سواء كان ذلك على مستوى المنشأة أم على المستوى القومي. فعلى مستوى المنشأة تعني الإنتاجية المتميزة حسن استخدام الموارد مما يحقق انخفاضاً واضحاً في تكلفة إنتاج السلعة أو الخدمة، وهذا بدوره يساعد على تحسين القدرة التنافسية Competitiveness للمنشأة (Stevenson) سواء كان ذلك في الأسواق العالمية أم في الأسواق المحلية. ولا شك أن تحسين هذا الوضع التنافسي قد يمكن المنشأة من تخفيض أسعارها وبالتالي زيادة حصة المبيعات في السوق وتحقيق قدراً متميزاً من الأرباح والعائد على الاستثمار. أما إذا كانت الشركة في وضع لا يضطرها إلى تخفيض أسعارها فسوف تحقق الإنتاجية زيادة مباشرة في أرباحها الحقيقية وسوف يمكنها ذلك



شكل (1-2)

نموذج العائد من الإنتاجية

من إعادة تمويل ذاتها والتوسع في نشاطها بالإضافة إلى زيادة قدرتها على رفع أجور العاملين بها. ويمكن إيجاز تلك العلاقة بين مستوى الإنتاجية وربحية المنشأة في الشكل (1-2) الذي قدمه "David Sumath" في عام 1984 والمعروف بنموذج العائد من الإنتاجية.

جودة المنتج فإن فعالية عملية تصميم المنتج يتم قياسها عن طريق قدرتها على تحقيق هذا الهدف. فإذا تم الاعتماد على مادة خام منخفضة التكاليف أثناء عملية التصميم فإن ذلك يعد عدم فعالية لقرار التصميم بناء على الهدف الموضوع وهو تحسين الجودة. باختصار، فإن الفعالية هي أن تقوم بالعمل الواجب الذي يوصلك إلى هدف محدد، Doing the Right Thing.

أما الكفاءة Efficiency فهي تعبر عن استخدام العقلية والرشد Rationality في المفاضلة بين البدائل واختيار أفضل البدائل الذي يقلل التكاليف أو يعظم العائد إلى أقصى درجة ممكنة. ويكون ذلك عند اختيار أسلوب عملي معين للوصول إلى هدف معين. وفي مثالنا السابق إذا كان الهدف هو تحسين الجودة فعادة ما يكون أمامنا أكثر من بديل، فقد يكون انخفاض الجودة بسبب المادة الخام المستخدمة أو العمالة أو الآلات. فإذا كان الأمر يتعلق بالمادة الخام فإنه عادة ما يكون أمامنا أكثر من بديل، ومثال ذلك تغيير المورد، زيادة عملية الفحص، القيام ببعض المعالجات الخاصة للمواد قبل الإنتاج، أو تغيير نوع المادة الخام ذاتها.. وفي هذه الحالة عندما يتم المفاضلة بين تلك البدائل واختيار أقلها تكلفة نكون عندئذ قد حققنا الكفاءة Efficiency باختصار، فإن الكفاءة هي القيام بالعمل بأفضل طريقة ممكنة من حيث التكلفة أو العائد أو الوقت، Doing it Right.

ويندرج تحت هذا دراسة أسلوب الأداء والتوصل إلى أفضل الأساليب والمعروف باسم Work Study.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه هناك استخدام آخر دارج لكلمة الكفاءة Efficiency عند الإشارة إلى درجة الانتفاع بالطاقات المتاحة (Sumanth) وفي هذه الحالة فإننا نتحدث عن أحد العناصر المحدودة المستخدمة في العملية الإنتاجية، ومثال ذلك آلة. فإذا كانت الطاقة المتاحة للآلة هي العمل لمدة 18 ساعة يومياً ويتم استغلال فقط 9 ساعات منها فيقال أن نسبة الكفاءة هي 50% فقط.

أما على المستوى القومي فيجب الاهتمام بقضية الإنتاجية لما لها من علاقة بكل من معدلات التضخم، ومستوى المعيشة، والتنمية الاقتصادية، بالإضافة إلى مشكلة دعم السلع والتي أصبحت إحدى السمات الأساسية للمجتمعات النامية.

فمن المعروف أن التضخم Inflation يكون نتيجة لعدم توازن كل من تيار الإنفاق وتيار إنتاج السلع والخدمات في المجتمع. وتأتي الإنتاجية لتحقيق هذا التوازن عن طريق ضمان تحسين العلاقة بين المخرجات والمدخلات على مستوى المنشأة وبالتالي على المستوى القومي. وقد كان انخفاض معدل نمو الإنتاجية في الولايات المتحدة الأمريكية خلال السبعينات - والذي أشرنا إليه من قبل - سبباً مباشراً لمعدلات التضخم التي شهدتها البلاد بشكل حاد خلال تلك الفترة (Moor). وعلى الرغم من تحسن معدل التضخم في مصر خلال السنوات الأخيرة إلا أنها مازالت تعاني من معدلاً للتضخم وصل إلى 11% في المتوسط (حسب الأرقام المعلنة خلال صيف 1996)، مما يستلزم الحاجة إلى إعادة التوازن بين ما تحصل عليه المدخلات من عوائد وما تقبله من مخرجات.

أما الحقيقة الثانية والتي تستلزم الاهتمام بقضية الإنتاجية فهي وجود علاقة مباشرة بين زيادة الإنتاجية ومستوى معيشة الأفراد. فزيادة الإنتاجية يتبعها انخفاض في تكلفة إنتاج السلع مما يترتب عليه زيادة قدرة الأفراد على الحصول على تلك السلع والخدمات بأسعار معقولة، وبالتالي يمكن تحقيق زيادة حقيقية في مستويات دخول الأفراد. فالطريقة الوحيدة في نظر البعض (Moor) لتحسين مستويات المعيشة في المجتمعات هي زيادة الإنتاجية.

ومن ناحية أخرى يمكننا القول بأن عديدًا من الدول، مثل اليابان، وكوريا، وسنغافورة، وماليزيا، والصين، بالإضافة إلى عديد من الدول الصناعية الكبرى، قد استطاعت تحقيق التنمية الاقتصادية عن طريق تحقيق مستويات متميزة من الإنتاجية. وغنى عن الذكر القول بأن مستويات إنتاجية الشركات المصرية سوف تحكم إلى حد كبير قدرتها التصديرية بل إنها سوف تحكم بلداًه قدرتها على الاحتفاظ بالأسواق المصرية في ظل عالمية الاقتصاد واتفاقيات تحرير التجارة. كما تجدر الإشارة هنا إلى أن مستوى الإنتاجية في حد ذاته يعد عنصراً جاذباً للاستثمارات في مناطق

معينة من العالم فلم يعد يكفي أن تكون تكلفة الأيدي العاملة منخفضة في منطقة معينة، فالأمر هو موائمة بين تكلفة التشغيل ومستوى الإنتاجية في تلك المناطق.

يتبقى الآن النقطة الأخيرة الخاصة بإمكانية الاعتماد على تحسين الإنتاجية كمدخل للتغلب على مشكلة دعم أسعار بعض السلع والخدمات. فمن المعروف أن الدعم يكون عن طريق بيع السلعة للمستهلك بأقل من تكلفة الإنتاج على أن تقوم الدولة بتحمل الفرق في شكل مبالغ يتم دفعها للشركات المنتجة للسلعة. أي أنه عبارة عن خسارة سوف تحققها الشركات في حالة عدم تحميلها للخزانة العامة للدولة. ومن المعروف أن السبب الرئيسي للدعم يكون هو سبباً اجتماعياً باعتبار أن تلك السلع المدعومة تعتبر سلعا أساسية. وبالتأمل البسيط بهذه الحقيقة، نجد أن عبء الدعم السنوي على الخزانة العامة يزداد سنة بعد أخرى إما بسبب زيادة استهلاك السلع المدعومة أو بسبب تخفيض أسعار السلع المدعومة مع ثبات تكلفة الإنتاج، أو بسبب زيادة تكلفة الإنتاج مع ثبات سعر بيع الوحدة. وفي الغالب الأعم يكون بسبب كل هذه العوامل مجتمعة. ومن الواضح أن السببين الثاني والثالث يرتبطان مباشرة بتكلفة إنتاج الوحدة. فنقطة البداية هي تكلفة إنتاج الوحدة وكأنها أقل تكلفة ممكنة. وهنا يأتي دور تحسين الإنتاجية والتي تعمل على ترشيد استخدام الموارد حتى يمكن تحقيق أعلى قدر من المخرجات وبالتالي تخفيض تكلفة الوحدة. فلسنوات عديدة كان هارق السعر (الدعم) الذي تحصل عليه الشركات يخفي عدم كفاءة تلك الشركات. فطلما أن هارق السعر سوف يتم الحصول عليه من الدولة فكانه دعم للإدارة لعدم التفكير في تخفيض التكاليف عن طريق تحسين الإنتاجية. بمعنى آخر أن الدولة كانت لا تدعم الشعب ولكن تدعم إدارة غير ناجحة. والخلاصة هو أن تحسن الإنتاجية، بما يترتب عليه من تخفيض تكلفة الوحدة، سوف يخفض - أو يلغي كلية - مقدار الدعم الواجب للوحدات المدعومة على الرغم من ثبات سعر بيعها بسعر الدعم للمستهلك النهائي.

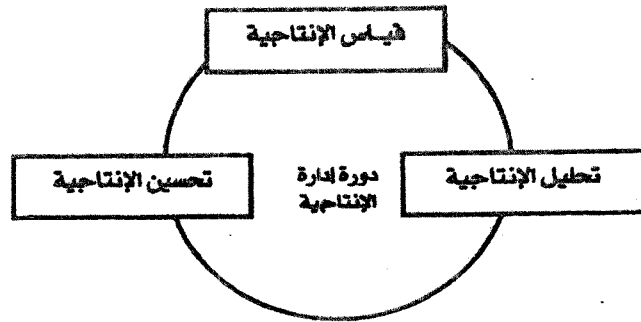
أما الجانب الآخر من السؤال الذي أشرنا في بداية هذا الجزء فهو الجانب الخاص بالاعتماد على المؤشرات المالية، بدلاً من الإنتاجية في تقييم أداء المنشأة.

ومن شأن هذه القرارات التأثير على قيمة المخرجات. وكذلك الأمر بالنسبة لعناصر المدخلات فإن الاعتماد على قيم تلك المدخلات قد يكون مضللاً نظراً لبعض القرارات السيادية أيضاً، مثل فرض الضرائب على مستلزمات الإنتاج المستوردة من الخارج، أو فرض ضريبة مبيعات أو زيادة أسعار الطاقة مما يرفع أيضاً تكلفة نقل المستلزمات والمنتجات النهائية. ولكل ذلك فإن مقاييس الإنتاجية التي تعتمد على الكميات تتميز بالقياس الحقيقي للأداء. وفي حالة ضرورة الاعتماد على القيم يجب تثبيت الأسعار الخاصة بكل من المخرجات والمدخلات.

#### □ دورة إدارة الإنتاجية: Productivity Management Cycle

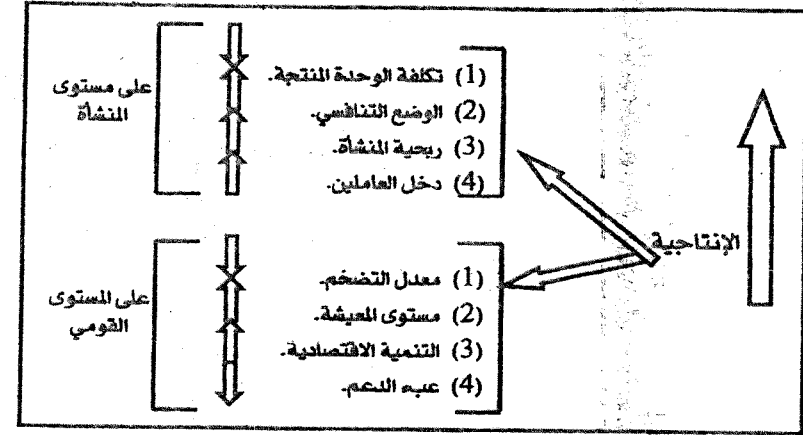
أما وقد قضت الآن الحاجة إلى الاهتمام بقضية الإنتاجية فيكون التساؤل لدى الممارسين هو كيف يمكن تحقيق ذلك في شكل عمليات متكاملة؟

يمكن النظر إلى عملية إدارة الإنتاجية في شكل مجموعة من المراحل المتتالية كما في الشكل (2-2) <sup>(1)</sup>.



شكل (2-2)  
دورة إدارة الإنتاجية

(1) تجدر الإشارة هنا إلى أن فكرة هذه المراحل قد قدمها David Sumanth في عام 1984، على أنها أربع عمليات هي: قياس الإنتاجية، تقييم الإنتاجية، وتخطيط الإنتاجية، ثم تحسين الإنتاجية. ولكننا نرى مجعاً في ثلاث خطوات فقط كما هو في الشكل.



تجدر الإشارة أولاً إلى أهمية التكامل بين كل من المؤشرات المالية ومؤشرات الإنتاجية. فالأولى ليست بديلة للثانية، وكذلك الثانية ليست بديلة للأولى. فكلهما يكمل الآخر ويساعد على قياس جوانب معينة لأداء المشروع. فستظل ربحية المشروع (الفارق بين الإيرادات والتكاليف) معبراً عن كفاءته، وستظل محاسبة التكاليف قياساً مالياً لتكلفة العناصر التي يتم استهلاكها في العملية التشغيلية.

أما الإجابة على هذا التساؤل فتكمن في حقيقتين هما:

1- إن المؤشرات المالية تعتبر الترجمة المالية للأداء، أما مقاييس الإنتاجية فهي قياس للأداء ذاته. ومن باب أولى فإن محاولة تفسير التغير في المؤشرات المالية يجب أن يبدل بقياس التغير في الأداء بجوانبه التفصيلية المختلفة.

2- إن المؤشرات المالية تتأثر بمجموعة من العوامل التي قد تخرج في أحيان كثيرة عن سلطة الإدارة ولا تعكس كفاءتها. فعند الاعتماد على قيمة المخرجات بأسعار البيع من المحتمل أن تكون الأسعار التي يتم على أساسها التقييم لا ترجع إلى قرار إداري بقدر ما هي ترجع إلى قرار سيادي من قبل الدولة. ومن أمثلة القرارات السيادية، قرارات فرض رسوم جمركية على السلع. المنافسة بهدف حماية السلعة محلياً، قرارات تخفيض أسعار بعض السلع.

جهات مركزية تشكل خصباً لذلك في المنظمة. فالأمر يستلزم اعتبار ذلك جزءاً من العمل اليومي للأفراد والمجموعات.

#### كسارت النصائح

##### فلسفة إدارة الإنتاجية

- تأكد من أن كل ما تدفعه في المشروع يجب أن يكون أمامه عائد محقق.
- لا تفترض أن التكلفة دائمة يتم دفعها للقيام بعمل مفيد... تأكد من ذلك بنفسك.
- إن مجرد استخدام للوارد لا يعني أنها بالضرورة استخدمت استخداماً مفيداً... بل على العكس، افترض دائماً أنه قد تم استخدامها بطريقة غير اقتصادية.
- ثق بأن كل فرد في المنظمة يمكنه أن يساعد في تحقيق الاستخدام الأكثر فعالية للموارد.

ولنبدأ الآن بالخطوة الأولى وهي القياس.

#### □ قياس الإنتاجية Productivity Measurement :

نبداً عملية القياس بتحديد مقاييس أو نسب ومؤشرات للإنتاجية. وعلى الرغم من أن كل المقاييس تعتمد على المفهوم العام للإنتاجية الخاصة بقسم المخرجات على المدخلات إلا أنه يجب أن يكون واضحاً في الأذهان أن هناك عدداً لا نهائياً من تلك النسب ورغم أن كلها تقوم على المفهوم العام إلا أنه قد تختلف بناءً على مكونات كل من البسط أو المقام وما إذا كانت سوف تعتمد على الكميات أو القيم. وعلى ذلك فإن كل نسبة سوف تعطي معنى معين وتفيد الإدارة بشكل معين. ويعني ذلك أنه كلما زادت تلك المقاييس ساعد ذلك الإدارة على تشخيص المشاكل وبالتالي إمكانية التحسين.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب الحرص عليها في قياس الإنتاجية:

وبلاحظ على هذا الشكل ما يلي:

- 1- إن الأنشطة الثلاث الرئيسية وهي القياس Measurement والتحليل Analysis والتحسين Improvement، تأتي في شكل متتابع. فلا يجب القيام بالتحسين مباشرة بعد عملية القياس دون المرور بعملية التحليل. وهناك اتجاه لدى بعض الممارسين للتعجيل في إصدار القرارات ووضع التوصيات الخاصة بالتحسين دون القيام بالتحليل. وقد يفسر ذلك أن وسائل وأدوات التحسين لا تكون فعالة في كثير من الأحيان.
- 2- إن عملية إدارة الإنتاجية عملية مستمرة Continuous، فبعد القيام بعملية التحسين يجب القيام بالقياس مرة أخرى والعمل بشكل دائم على تحسين القيم التي نصل إليها من عملية القياس، فهناك خطورة كبيرة إذا اعتقدت المنشأة بأن الهدف هو الوصول إلى بعض القيم وتحقيق المستهدف. فالأمر يحتاج إلى تحدي دائم لكل القيم التي توصلت إليها المنشأة لأنه من المؤكد سوف نحاول منشآت أخرى الوصول إلى قيم أفضل للإنتاجية.
- 3- إن هذا التتابع لا يعني أن المنشأة يجب أن تكون في مرحلة واحدة فقط في أية لحظة زمنية. ففي الوقت الذي يتم فيها تحليل بعض الأرقام من الممكن أن يكون هناك عملية قياس لأرقام أخرى.
- 4- إن عملية إدارة الإنتاجية تستلزم القناعة الكاملة من قبل الإدارة العليا بأهمية زيادة الإنتاجية والعلاقة بينها وبين الوضع التنافسي للمنظمة وأن تدعم أية برامج للتحسين في شكل خطوات محددة وبطريقة نظامية كما سنرى فيما بعد.
- 5- إن محور أي تطوير هو العنصر البشري ولذلك يجب أن تكون فلسفة القياس والتحليل والتحسين منهجاً يتبناه العاملون أنفسهم وليس عملاً تقوم به



## □ طرق قياس الإنتاجية<sup>(1)</sup> :

هناك العديد من مستويات القياس للإنتاجية، ولا يعني ذلك أن تلك المستويات تعد بدائل في عملية القياس. فمن الشائع القيام بقياس الإنتاجية على عدة مستويات في المنشأة هي:

(أ) القياس الكلي Total Productivity.

(ب) القياس الجزئي Partial Productivity.

سواء كان ذلك للمنشأة ككل أم لقطاع أم نشاط رئيسي معين.

كذلك فمن الممكن القياس التجميعي على المستوى القومي National Productivity وعلى مستوى الصناعة ككل Industry Productivity. وسوف نتناول في هذا الجزء أيضاً كل من القياس الكلي والجزئي للإنتاجية.

### أولاً: القياس الكلي :

ويقصد بذلك قياس الإنتاجية الكلية أو الإجمالية للمنشأة في شكل نسبة واحدة أو عدة نسب. أي أنه يجب الاعتماد على الإجماليات عند حساب المخرجات والمدخلات، وفي هذا الصدد يمكن التمييز بين مدخلين:

• المدخل الأول: الاستخدام المباشر لمفهوم الإنتاجية، كما يلي :

$$\text{الإنتاجية الكلية} = \frac{\text{إجمالي المخرجات}}{\text{Total Productivity}} \text{ إجمالي المدخلات}$$

وفي هذا الصدد يتم تقسيم المدخلات إلى أربع مجموعات هي: مدخلات عنصر العمل Labor وهي المرتبطة بالموارد البشرية المستخدمة في إنتاج المخرجات خلال الفترة، مدخلات عنصر رأس المال Capital وهي المرتبطة بالأموال المستخدمة في شكل

(1) للمزيد من هذا الصدد، راجع:

Mady, M.Tawfik, "Measuring Productivity in Real Terms: A suggested UAS based Model for Egyptian Industry," The International Journal of Operations & Production Management, 12 ( ), 1992, pp.49 - 58.

1- يمكن التوصل إلى هذه المقاييس عن طريق مشاركة الممارسين أنفسهم بالإضافة إلى الاعتماد على المتخصصين وممارسات الشركات المشابهة.

2- يجب الاعتماد بقدر الإمكان على الكميات بدلاً من القيم في قياس كل من المدخلات والمخرجات، وذلك حتى نتجنب أي تغير في الأسعار لا يرجع إلى كفاءة الإدارة. وإذا لزم الأمر الاعتماد على القيم فيجب تثبيت الأسعار بأسعار ما يسمى بسنة الأساس سواء كان ذلك لمكونات المخرجات أم مكونات المدخلات.

3- يجب ثبات القياس. ويعني ذلك أن تكون مكونات البسط والمقام ثابتة من فترة إلى أخرى بالنسبة نفسها. وذلك حتى لا يكون التغير في القياس راجعاً إلى التغير في المكونات. فعلى سبيل المثال عند قياس إنتاجية الجنيه أجر يتم قسمة إجمالي المخرجات على إجمالي الأجر المدفوعة خلال العام. فإذا تم في إحدى السنوات الاعتماد على إجمالي الأجر، ثم تم استخدام الأجر مطروحاً منها أجر المجندين عند حساب القياس في السنة التالية، فإن ذلك يعني شكلياً تحسن الإنتاجية لا شيء إلا مجرد التلاعب في مقام النسبة. ففي حالة عدم ثبات القياس يصعب إجراء المقارنات.

4- لا يمكن الإحفاء بالدقة الكاملة عند حساب المقاييس، فقد يكون ذلك أمراً بالغ النال في بعض الأحيان - خصوصاً عند تغير مستوى الجودة وعند ظهور منتجات جديدة وكذلك الأمر عند قياس إنتاجية الوظائف الإدارية - ولكن ذلك لا يعني بأي حال عدم القيام بالقياس.

5- تعتمد عملية القياس على نظام دقيق وسريع للمعلومات يتم فيه تسجيل المعلومات أولاً بأول وبشكل يمكن من سهولة المعالجة.

6- إن مقاييس الإنتاجية لا تكون مركزية إجمالية فقط ولكنها عادة ما تكون متغلغلة في كل الوظائف والأنشطة. ومثال ذلك وجود مقاييس إنتاجية لعملية الإنتاج والتشغيل ومقاييس إنتاجية لعملية الصيانة، ومقاييس لاستخدام الطاقة، ومقاييس لعملية البيع والتوزيع،.... وهكذا.

أصول ثابتة أو متداولة في تطبيق مخرجات الفترة، ومدخلات عنصر المواد Materials التي تم استخدامها خلال الفترة، وأخيراً مدخلات عنصر الخدمات Service للمساعدة التي ساعدت في عملية الإنتاج ويتضمن ذلك الطاقة والتخزين والنقل بالإضافة إلى بعض التكاليف غير المباشرة. وعلى ذلك فإن :

$$\text{الإنتاجية الكلية} = \frac{\text{إجمالي المخرجات}}{\text{العمل + رأس المال + المواد + الخدمات}} \\ \text{Total Productivity}$$

• للمدخل الثاني : قياس تفاعل عنصري العمل ورأس المال في خلق إضافة للمواد المستخدمة، كما يلي (Sumanth) :

$$\text{إنتاجية تفاعل العناصر} = \frac{\text{إجمالي المخرجات - المواد والخدمات لشراء}}{\text{العمل + رأس المال}}$$

وفي هذه الحالة تستبعد مستلزمات المواد والخدمات المستخدمة خلال الفترة من إجمالي المخرجات للتعبير عن مقدار الإضافة (للمخرجات الصافية Net Output) التي حققتها باقي العناصر (للمدخلات) الأخرى.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المدخل الأول هو الأكثر شيوعاً في قياس الإنتاجية الإجمالية نظراً لبساطته وسهولة مقارنة وتفسير القيم التي يتم التوصل إليها، أما المدخل الثاني فيعتمد على النظرة الاقتصادية للمنشأة كما أنه لا يوضح إنتاجية المواد والطاقة. نأتى الآن إلى القياس الفعلي لتلك النسب الإجمالية، فعلى الرغم من أننا ذكرنا من قبل أنه يفضل الاعتماد على الكميات إلا أنه قد يصعب في بعض الأحيان تجميع كل من المخرجات والمدخلات على أساس آخر غير القيمة. ولذلك فإننا يجب أن نقوم بتثبيت الأسعار في هذه الحالة. وعلى الرغم من اختلاف القياس حسب نوع الصناعة والنشاط إلا أنه يمكننا أن نذكر بعض الأمثلة كما يلي :

$$\text{الإنتاجية الكلية} = \frac{\text{إجمالي عدد الوحدات المنتجة (طن)}}{\text{إجمالي تكلفة للوارد المستخدمة بالجنيه}} \\ \text{الإنتاجية الكلية} = \frac{\text{إجمالي قيمة الإنتاج بالجنيه}}{\text{إجمالي تكلفة للوارد المستخدمة بالجنيه}}$$

## ثانياً : القياس الجزلي :

ويقصد بذلك قياس إنتاجية كل عنصر من العناصر الأربعة في المدخلات على حدة. ويفيد ذلك القياس في تفسير التغير الذي حدث في الإنتاجية الكلية للمنشأة، حتى يمكن تشخيص المشاكل بشكل أكثر دقة. فإذا كان هناك انخفاض في القياس الإجمالي لإنتاجية المنشأة فيكون من المرغوب في هذه الحالة معرفة ما إذا كان ذلك يرجع إلى انخفاض في إنتاجية العمالة أو في إنتاجية المواد أو في إنتاجية رأس المال، فهذا التحديد سوف يفيد في عمل خطة للعلاج والتحسين.

وفي حالة القياس فإننا سوف نكون أمام أربع مجموعات من مقاييس الإنتاجية، هي :

1- إنتاجية عنصر العمل Labor Productivity.

2- إنتاجية عنصر المواد Materials Productivity.

3- إنتاجية عنصر رأس المال Capital Productivity.

4- إنتاجية عنصر الخدمات Service Productivity.

وعلى الرغم من اختلاف المقاييس حسب نوع النشاط ونوع الصناعة إلا أننا سوف نورد فيما يلي بعض المؤشرات التي يمكن استخدامها بالنسبة لكل عنصر والتي يعبر كل مؤشر منها عن معنى محدد يساعد في مرحلة التحليل.

### 1- إنتاجية عنصر العمل :

يعتبر هذا القياس أهم مقاييس الإنتاجية وأكثرها شيوعاً وبشكل خاص على المستوى القومي وعلى مستوى الصناعة. وهنا يوجد عدد لا نهائي من النسب يعتمد على استخدام الكميات أو القيم سواء في البسط أم المقام، وسواء كان ذلك لكل العاملين أم لمجموعات معينة. ومثال ذلك :

$$\text{إنتاجية الفرد} = \frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي عدد العاملين في المنشأة}} \\ \text{مخرجات / عامل}$$

\* إنتاجية يوم الطبيب =  $\frac{\text{إجمالي عدد الحالات التي تم علاجها}}{\text{عدد أيام عمل الأطباء خلال الفترة}}$

= حالة / يوم طبيب

\* إنتاجية الممرضة في أحد الأقسام =  $\frac{\text{إجمالي عدد الحالات التي تم علاجها}}{\text{عدد الممرضات خلال الفترة}}$

= حالة / ممرضة

## 2- إنتاجية عنصر المواد:

وهنا أيضاً هناك عدد كبير من النسب اعتماداً على استخدام الكميات أو القيم سواء في مقام أم بسط النسبة، وسواء كان ذلك لكل المواد المستخدمة خلال الفترة أم لمجموعات معينة من المستلزمات. ومثال ذلك:

\* إنتاجية طن القطن =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة القطن)}}{\text{إجمالي الأقطان المستخدمة (طن)}}$

\* إنتاجية الجنيه للقطن =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة القطن)}}{\text{إجمالي قيمة الأقطان المستخدمة بالجنيه}}$

\* إنتاجية كيلو مولد صباغة =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة النسيج)}}{\text{إجمالي قيمة مواد الصباغة المستخدمة بالجنيه}}$

\* إنتاجية الجنيه في أدوية القلب =  $\frac{\text{إجمالي حالات القلب التي تم علاجها}}{\text{إجمالي قيمة أدوية القلب المستخدمة خلال الفترة}}$

\* إنتاجية الجنيه طماطم =  $\frac{\text{إجمالي الصلصة المنتجة (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي قيمة الطماطم المستخدمة بالجنيه}}$

\* إنتاجية الكيلو طماطم =  $\frac{\text{إجمالي الصلصة المنتجة (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي الطماطم المستخدمة بالكيلو}}$

\* إنتاجية عامل الإنتاج =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي عدد عمال الإنتاج}} = \text{مخرجات / عامل إنتاج}$

\* إنتاجية يوم عمل الفرد =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي أيام عمل الأفراد}} = \text{مخرجات / يوم فرد}$

\* إنتاجية يوم عمل المنشأة =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي أيام عمل المنشأة خلال الفترة}} = \text{مخرجات / يوم منشأة}$

\* إنتاجية ساعة عمل الفرد =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي ساعات عمل الأفراد}} = \text{مخرجات / ساعة فرد}$

\* إنتاجية ساعة عمل المنشأة =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي ساعات عمل المنشأة خلال الفترة}} = \text{مخرجات / ساعة منشأة}$

\* إنتاجية ساعة عمل عامل الإنتاج =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي ساعات عمل عامل الإنتاج}}$

= مخرجات / ساعة عامل الإنتاج

\* إنتاجية الجنيه أجر =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي الأجر خلال الفترة}} = \text{مخرجات / جنيه أجر}$

\* إنتاجية الجنيه أجر لعامل الإنتاج =  $\frac{\text{إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)}}{\text{إجمالي الأجر المدفوعة لعمال الإنتاج}}$

= مخرجات / جنيه أجر عامل إنتاج

\* إنتاجية الطبيب في أحد الأقسام =  $\frac{\text{إجمالي عدد الحالات التي تم علاجها}}{\text{عدد الأطباء خلال الفترة}}$

= حالة / طبيب

### 3- إنتاجية عنصر رأس المال:

وتتضمن هذه المجموعة إنتاجية الأصول الرأسمالية والأصول المتداولة. وعلى ذلك يكون لدينا كل من المقاييس الإجمالية لكل عناصر رأس المال (الأصول) مجتمعة بالإضافة إلى المقاييس الجزئية لكل أصل من الأصول على حدة. وقد يتم التعبير عن هذا الأصل في صورة طاقة تشغيل (بالنسبة للآلات) أو مساحة (بالنسبة للمخازن) أو قيمة الاستهلاك (بالنسبة للأصول الرأسمالية) أو تكلفة الأموال المستثمرة في الأصل (بالنسبة للمخزون) خلال الفترة. وعلى الرغم من اختلاف تلك المؤشرات حسب نوع النشاط إلا أننا سوف نورد بعض مؤشرات إنتاجية الآلات على سبيل المثال:

#### إنتاجية الآلات:

* إنتاجية يوم تشغيل الآلات	=	إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)
		عدد أيام تشغيل الآلات
* إنتاجية ساعات تشغيل الآلات	=	إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)
		عدد ساعات تشغيل الآلات
* كفاءة تشغيل الآلات (نسبة الإنتاج)	=	عدد ساعات التشغيل الفعلية
		عدد ساعات التشغيل المتاحة
* إنتاجية جنيه الاستهلاك للآلة	=	إجمالي مخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي قيمة استهلاك الآلة خلال الفترة
* إنتاجية جنيه وقود للآلة	=	إجمالي مخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي قيمة الوقود المستخدم للآلة في الفترة
* إنتاجية طن وقود للآلة	=	إجمالي مخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي كمية الوقود المستخدم (طن)
* إنتاجية جنيه صيانة للآلة	=	إجمالي مخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي تكلفة صيانة الآلة

### 4- إنتاجية عنصر الخدمات:

ويتضمن ذلك إنتاجية أنشطة الخدمات المقدمة مثل: الطاقة، الصيانة، المخازن والنقل. وسوف نورد بعض مؤشرات إنتاجية الطاقة فيما يلي:

#### إنتاجية الطاقة:

* إنتاجية كيلووات الكهرباء	=	إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي الكهرباء المستخدمة (كيلووات)
* إنتاجية جنيه الكهرباء	=	إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي تكلفة الكهرباء المستخدمة (جنيه)
* إنتاجية برميل الطاقة	=	إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)
		عدد براميل الطاقة (وقود) المستخدمة
* إنتاجية جنيه الوقود	=	إجمالي المخرجات (كمية أو قيمة)
		إجمالي تكلفة الوقود المستخدم

وعلى الرغم من كثرة تلك المؤشرات الجزئية إلا أننا نعتبر هنا من مجرد الاعتماد على تلك المقاييس الجزئية في الحكم على كفاءة المنشأة. فقد يكون ذلك اسراً مضللاً إلى حد كبير. فمن المعروف أن زيادة إنتاجية العاملين ممكن أن تكون عن طريق زيادة استخدام الآلات أو الإسراف في استخدام المواد ولذلك فإن زيادة إنتاجية عنصر العمل ممكن أن يكون على حساب انخفاض إنتاجية عنصر المواد أو رأس المال. ولذلك يفضل الاعتماد على القياس الإجمالي على مستوى المنشأة ثم استخدام القياس الجزئي لتفسير التغير الذي يحدث في القياس الإجمالي.

وقد أصبحت ظاهرة الإحلال Substitution بين عنصري العمل ورأس المال إحدى سمات هذا العصر. فقد شهدت الثمانينيات اتجاه حاد للتحويل إلى الآلية Automation في كل من الصناعة والخدمات (Robert Ayres). وقد أدى ذلك إلى تقليص نسبة تكلفة عمال الإنتاج إلى إجمالي تكاليف الإنتاج. فبعد أن كانت تلك النسبة تبلغ حوالي 23% في الولايات المتحدة الأمريكية انخفضت في عام 1988 إلى حوالي

والذي هو منتجها النهائي فإننا يمكننا القول بأن نتيجة عملية الإحلال تلك سوف تكون زيادة إنتاجية عنصرى العمل ورأس المال بالشركة وفي الوقت ذاته تخفيض إنتاجية عنصر المواد.

### كارت الخصائص

#### نظام قياس أفضل

- 1- وضع مقاييس ذات معنى ودلالة.
- 2- أن تثق في أن الممارسين أنفسهم هو أفضل من يساهم في وضع مقاييس فرعية للإنتاجية.
- 3- وجود أساس علمي سليم لنموذج الإنتاجية المستخدم وخصوصاً فيما يتعلق بالعلاقة بين النسب الإجمالية والجزئية.
- 4- وجود تعليقات مفصلة عن البيانات التي يتم جمعها والمكونات التفصيلية لكل نسبة وأحركات جمع البيانات.
- 5- برمجة النظام على الحاسب الآلي وأن يكون جزءاً من نظام معلومات المنشأة.
- 6- ألا تدعي البساطة الكاملة في المؤشرات فيجب التعامل معها على أنها مؤشرات تقريبية.

### ❑ قياس الإنتاجية في الشركات الصناعية المصرية:

إن المتابع لمؤشرات الإنتاجية التي تنشرها الشركات المصرية كجزء من تقرير الأداء السنوي يتضح له أنها تقتصر على مؤشرين فقط هما:

- 1- إنتاجية العامل على أساس قيمة الإنتاج بالأسعار الجارية.
- 2- إنتاجية الجنيه أجر على أساس قيمة الإنتاج بالأسعار الجارية.

ويجاء عليها ما يلي<sup>(1)</sup>:

(1) اقترح المؤلف نموذج لقياس الإنتاجية الحقيقية في الشركات الصناعية المصرية ثم تطبقها على عينة حجمها 39 شركة صناعية خلال الفترة من عام 1980 - 1986، انظر المرجع السابق ذكره للمؤلف.

18% فقط. وبذلك فإن تلك النسبة تقل قليلاً عن مثيلاتها في شركتي تويوتا وهوندا باليابان والتي تبلغ حوالي 20% وتحاول الشركتان الوصول بها إلى 15% في خلال عشر سنوات وهي القيمة نفسها التي تحاول شركة فورد الوصول إليها أيضاً. والجديد في الأمر في هذا الصدد أن صناعة الغزل والنسيج التقليدية والتي تحن دائماً بأنها صناعة كثيفة العمالة قد استطاعت أن تصل إلى نسب مشابهة في هذا الصدد. فقد أشارت تقارير الولايات المتحدة إلى أن تكلفة عمال الإنتاج تتراوح بين 10% إلى 12% من إجمالي التكاليف في نصف شركات الغزل والنسيج الأمريكية، وبذلك فإنها قد أصبحت في وضع تنافسي متميز مع الشركات الماليزية والأندونيسية.

ومن البديهي أن عملية الإحلال تلك تؤكد خطورة الاعتماد على أحد المقاييس الجزئية فقط في الحكم على مستوى الإنتاجية بالمنشأة فمن المؤكد أن هذا الإحلال للتكنولوجيا مكان الأفراد سوف يؤدي إلى تحقق زيادة كبيرة في إنتاجية عنصر العمل، سواء كان ذلك في شكل إنتاجية الفرد أم إنتاجية الجنيه أجر بسبب انخفاض حجم العمالة مع زيادة المقرجات أو ثباتها (للأسف الشديد هذا هو المؤشر الوحيد الخاص بالإنتاجية الذي يتم نشره عن الشركات الصناعية المصرية). وفي هذه الحالة قد تختلف الصورة عندما يتم قياس الإنتاجية الكلية وإنتاجية عنصر رأس المال أيضاً.

وتجدر الإشارة إلى أن هذا الإحلال قد يكون بين أي من العناصر الأربعة التي تتكون منها المدخلات. فمن الممكن أن يتم الإحلال بين عنصر المواد وعنصر رأس المال. خذ على سبيل المثال إحدى الشركات التي تقوم بعملية حليج وغزل القطن في الوقت نفسه. فإذا قررت الشركة إيقاف عملية الحليج والتركيز فقط على عملية الغزل. فهي بذلك تقوم بتخفيض المنفق على العمالة والمنفق على الآلات والتجهيزات اللازمة لعملية الحليج. ومن المؤكد أن ذلك سوف يقلل من مكونات هذه العناصر في مقام نسبة الإنتاجية. ولكن في الوقت نفسه حتى تمارس الشركة نشاط الغزل فإنها سوف تقوم بشراء قطن ثم حليجه من شركات أخرى وهو بالضرورة أكثر تكلفة من القطن الخام الذي كان يتم شراؤه من قبل مما يرفع من قيمة عنصر المواد في مقام النسبة. فإذا اعتبرنا أن الشركة سوف تحاول تحقيق نفس مستوى إنتاجها الأصلي من الغزل

## أولاً : مقارنة قيم الإنتاجية :

وتهدف هذه العملية إلى تحديد الوضع النسبي للإنتاجية المنشأة وإنتاجية عناصرها المختلفة بالنسبة لفترات سابقة أو منشآت أخرى. وعلى ذلك فإن المنشأة عادة ما تقوم بعدة أشكال من المقارنات، مثل:

- 1- مقارنة زمنية أو تاريخية.
- 2- المقارنة بشركات مشابهة في نوع النشاط نفسه.
- 3- المقارنة بمتوسط الصناعة.
- 4- المقارنة الداخلية بين وحدات إنتاجية داخل المنشأة نفسها.

أما المقارنة التاريخية فتكون عن طريق مقارنة أرقام الإنتاجية للمنشأة نفسها خلال عدة فترات زمنية متتالية تسمى السلسلة الزمنية. ويعد هذا النوع من المقارنات هو الأكثر شيوعاً والذي تعتمد عليه الشركات المصرية في بياناتها المنشورة. وتجدر الإشارة هنا أنه لا يكفي القول بأن هناك تحسناً أو انخفاضاً في قيمة المقياس من فترة إلى أخرى بل يجب الاعتماد على مقياس كمي للنمو يطلق عليه معدل النمو في الإنتاجية Productivity Growth Rate خلال فترة معينة مقارنة بفترة سابقة عليها. وبالطبع من الممكن أن يكون معدل النمو في الإنتاجية قيمة موجبة، ويعني ذلك تحسناً، أو قيمة سالبة، ويعني ذلك تدهوراً في قيمة الإنتاجية.

مثال:

إذا كانت الإنتاجية الكلية لإحدى شركات الفزل خلال عامي 1994، 1995 هي 10،8 جنيه مخرجات/ لكل جنيه مدخلات على التوالي فإن:

$$\text{معدل نمو الإنتاجية خلال عام 1995} = \frac{\text{إنتاجية عام 95} - \text{إنتاجية عام 1994}}{\text{إنتاجية عام 1994}}$$

إنتاجية عام 1994

$$100 \times \frac{8 - 10}{8} =$$

$$\%25 =$$

1- هي مؤشرات جزئية تعبر عن كفاءة تشغيل بعض العناصر، ولا تقيس إنتاجية المنشأة ككل. فالقياس على أساس إنتاجية الجنيه أجر أو ساعة ما هو إلا امتداد لفكرة القياس على المستوى القومي والتي تحاول الابتعاد بقدر الإمكان عن تجميع فئات بل آلاف المنتجات معاً. ولا يعد ذلك قياساً على مستوى المنشأة بأي حال من الأحوال، ويرجع ذلك إلى عدم توافر البيانات التي تسمح بعمل قياس لكثير دالة.

2- تعتمد على رقم تجميعي بسيط لعنصر المخرجات في بسط النسبة، وذلك أمر غير صحيح، حيث إن هناك اختلاف نسبي لكونات هذه المخرجات. فالأصح هو الاعتماد على أرقام تجميعية مرجحة.

3- تعتمد هذه النسب على استخدام القيمة الجارية في عنصر المخرجات وذلك أمر يجعل النسبة لا تعبر عن إنتاجية حقيقية نتيجة لتأثرها بتغير الأسعار.

4- تعتمد هذه النسب على رقم تجميعي بسيط لعدد العاملين وإجمالي الأجور المدفوعة. وذلك أيضاً يعد غير صحيح. ويرجع ذلك إلى اختلاف الأهمية النسبية لكل مجموعة عمالة. ولذلك يجب الاعتماد على رقم مرجح.

5- تتأثر دقة المقاييس بمجموعة من القوائين والتشريعات المالية التي تخرج عن سلطة إدارة المشروع.

## □ تحليل الإنتاجية : Productivity Analysis

وتهدف هذه المرحلة إلى تفهم طبيعة القيم التي تم الوصول إليها للمقاييس المختلفة للإنتاجية والتعرف على دلالتها وعلاقتها ببعضها البعض. فالقيم في حد ذاتها لا تعني الكثير ما لم يتم تحليلها. وتتضمن تلك المرحلة عمليتي المقارنة Comparison والتشخيص Diagnosing.

وهي قيمة موجبة، ويعني ذلك أن هناك تحسناً في الإنتاجية الكلية بمقدار 25\* خلال عام 1995.

وهنا يجب أخذ معنى هذا التغير بعين شهود عند التحكم على مستوى إنتاجية المنشأة. فمعدل التغير في الإنتاجية يعبر فقط عن جهد الشركة في تحسين مستوى الإنتاجية ولكنه لا يعني بأي حال من الأحوال أن إنتاجية الشركة مرتفعة.

الشركة (ب)	الشركة (أ)
إنتاجية عام 94 - 100	إنتاجية عام 94 - 100
إنتاجية عام 95 - 10	إنتاجية عام 95 - 105
معدل النمو في الإنتاجية - 100*	معدل النمو في الإنتاجية - 5*

فهل هذا يعني أن إنتاجية الشركة (ب) أفضل من إنتاجية الشركة (أ)؟

بالقطع لا. بل على العكس، العكس إذا كان مستوى إنتاجية الشركة محدود (كما في حالة الشركة ب) فمن المتوقع دائماً أن تحقق فروقات كبيرة في معدل النمو في الإنتاجية. أما إذا كان مستوى الإنتاجية مرتفع (كما في الشركة أ) فإن القدرة على تحقيق معدل نمو مرتفع تكون أقل. وقد كان ذلك تفسيرا لبعض التفوق الياباني على الولايات المتحدة الأمريكية فيما يتعلق بمعدل النمو في الإنتاجية. فإنهم يرون أن الصناعة الأمريكية بمستوى إنتاجيتها المرتفع الذي يفوق إنتاجية اليابان قد وصل إلى مرحلة من النضج يجعل إمكانية تحقيق معدلات نمو مرتفعة أمراً بالغ الصعوبة.

وتأسيساً على ما سبق فإننا نرى أنه يجب مقارنة معدل نمو الإنتاجية للشركات التي تكون في مستوى متقارب من الإنتاجية حتى يكون لذلك دلالة عند المقارنة.

أما النوع الثاني من المقارنة وهو الخاص بمقارنة إنتاجية المنشأة بإنتاجية منشآت أخرى مشابهة فيعني التشابه في نوع النشاط والحجم والظروف البيئية التي تعمل فيها.

وفي هذا الصدد فإننا يجب أن نشير إلى أن الاتجاه نحو عالمية Globalization النشاط وحرية التجارة Free Trade يفرض المقارنة مع الشركات الرائدة في مجال النشاط على مستوى العالم. فعندما يصبح العالم قرية واحدة موفت تواجه الشركات

المحلية بمنافسة أكبر الشركات العالمية، ومن الأفضل لها أن تعلم إلى أي حد توجد فجوة بينها وبين تلك الشركات الرائدة. بل أكثر من ذلك، فإن الاتجاه الحديث في عملية المقارنات يشير إلى المقارنة بعدة شركات كل واحدة منها رائدة في مجال معين.

بمعنى أنه يجب تحديد الأنشطة الرئيسية للشركة وحساب مقاييس الإنتاجية لكل منها ثم اختيار الشركات الرائدة بالنسبة لكل نشاط وعمل مقارنة لكل نشاط بالشركة التي تتميز في أدائه. فعلى سبيل المثال عندما يكون لشركة الطيران عدة مؤشرات في مجالات مثل الحجز، الخدمة على الطائرة (الوجبات التي يتم تقديمها)، الصيانة، فإنه يتم تحديد الشركات المتميزة في كل مجال من تلك المجالات مثل تميز شركة Delta الأمريكية في نظام الحجز، وتميز طيران سنغافورة في مجال الخدمة على الطائرة، وتميز طيران الخليج في الوجبات التي يتم تقديمها، وتتميز شركة لوفتهانزا في مجال الصيانة. وتكون الخطوة التالية هي مقارنة مؤشرات أداء كل نشاط على حدة بأداء أفضل الشركات في هذا المجال. ولا شك أن ذلك يصعب أكثر من عملية المقارنة ولكنه يضمن محاولة الوصول إلى مستوى تلك الشركات المتميزة.

أما النوع الثالث من المقارنات فهو الخاص بمقارنة إنتاجية المنشأة بمتوسط إنتاجية المنشآت في نوع النشاط نفسه. فهناك جهات عديدة تتولى نشر بيانات عن مؤشرات الأداء في صناعات معينة ويتضمن ذلك حساب المتوسطات الخاصة بتلك المقاييس المنشورة وقد تكون هذه جهات رسمية حكومية أو اتحادات لتلك الأنشطة. ويفيد هذا النوع من المقارنة في التعرف على النسب التي يتم حسابها بالنسبة للشركات وإلى أي حد يقترب المنشأة من متوسط إنتاجية مجموعة الشركات.

وأخيراً فإنه يمكن للمنشأة أن تقارن عدة وحدات إنتاجية تابعة لها. ومثال ذلك أن يكون للشركة عدة مصانع في مناطق مختلفة تعمل تقريبا في ظل الظروف نفسها. وفي هذه الحالة تتم المقارنة بفرض تحديد الوضع النسبي لتلك المصانع بالنسبة لبعضها البعض. ولا يجب الاعتماد على هذا النوع من المقارنة كلية نظراً لأنه لا يخرج عن أنه مقارنة داخلية، فقد تكون كافة المصانع أقل من مستوى الإنتاجية في الشركات المنافسة. وفي النهاية تجدر الإشارة إلى أنه يمكن القيام بتلك المقارنات في كافة المنشآت سواء

### مثال

التغير في الإنتاجية الكلية	40%.
التغير في إنتاجية العمل	30%.
التغير في إنتاجية المواد	80%.
التغير في إنتاجية رأس المال	20%.
التغير في إنتاجية الخدمات	صفر%.

فعلى الرغم من زيادة الإنتاجية الكلية في هذه الحالة بمقدار 40% إلا أن ذلك كان يرجع بشكل أساسي إلى الزيادة الكبيرة في إنتاجية عنصر المواد بمقدار 80% وقد أخفى ذلك الانخفاض في إنتاجية رأس المال بمقدار 20%. وتوضح هذه الحالة أن هناك مشكلة في مجال إنتاجية رأس المال يجب التعرف عليها، وهناك تحسن كبير في إنتاجية المواد يجب أيضاً معرفة أسبابه حتى يمكن الاستفادة منه.

وقد أشرنا من قبل إلى وجود عديد من النسب الجزئية بالنسبة لكل عنصر. ولذلك يجب تحليل تلك النسب للتعرف على السبب الرئيسي للتغير في إنتاجية العنصر. وكلما زادت تلك النسب الفرعية كلما سهل ذلك من عملية التشخيص.

وعادة ما تنتهي مرحلة التشخيص بتحديد العنصر المسئول عن التدهور الحاد أو الزيادة الحادة في مقياس الإنتاجية ثم تحديد الأسباب الرئيسية لهذا الغلل أو التحسن، وبالتالي يكون ذلك أساساً لمرحلة تحسين الإنتاجية.

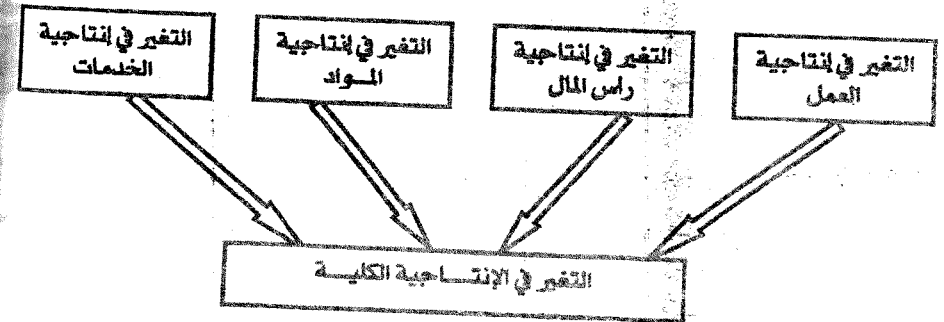
### تحسين الإنتاجية : Productivity Improvement

يجب أن تصب دورة إدارة الإنتاجية في مرحلة التحسين والتي تهدف إلى تحقيق مستوى أفضل لكل من الإنتاجية الكلية وإنتاجية العناصر. وتجدر الإشارة هنا إلى عدة خصائص أساسية في عملية التحسين:

في الشركات الصناعية أو في منشآت تقديم الخدمات. فمن الممكن مقارنة إنتاجية شركة توزيع كهرباء الإسكندرية بشركة توزيع كهرباء القاهرة وشركة توزيع كهرباء وسط الدلتا. كذلك يمكن تحليل الشركات الزائدة في كل مجال من مجالات النشاط الرئيسية مثل، التركيبات، المحطات، الشبكات، ثم القيام بالمقارنات لعدة شركات حسب نواحي التميز. كذلك الأمر بالنسبة للمستشفيات ومنشآت تقديم الخدمات العلاجية حيث يمكن قياس إنتاجية الطبيب في شكل متوسط عدد المرضى الذين يعالجهم الطبيب خلال العام في كل قسم ثم مقارنة إنتاجية الطبيب في الأقسام العلاجية المختلفة.

### ثانياً : التشخيص :

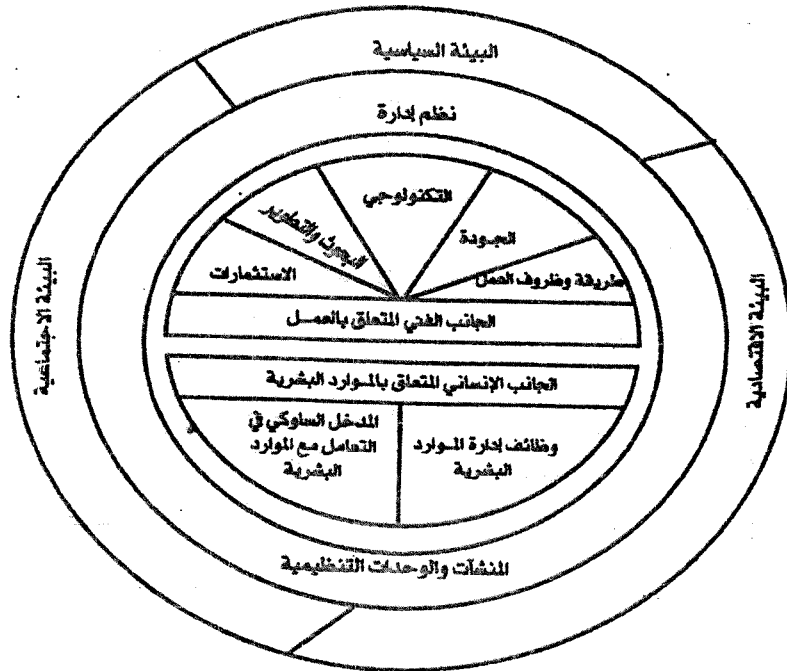
وتتضمن هذه العملية محاولة ربط التغير في الإنتاجية الكلية بالتغير في مؤشرات الإنتاجية الخاصة بالعناصر. ويكون ذلك بهدف تحديد مجالات التحسن ومجالات التدهور في الإنتاجية وأسبابها وبالتالي يمكن علاجها. ويجب هنا أن ننوه إلى أن هذه العملية لا يتم القيام بها فقط في حالة تدهور الإنتاجية الكلية. فسواء كان هناك تحسن أو تدهور يجب القيام بعملية التشخيص بقصد التعرف على الأسباب حتى يمكن الاستفادة منها. كذلك فإنه يجب ألا يغيب عن ذهننا أن معدل التغير في الإنتاجية الكلية ما هو إلا محصلة للتغير في إنتاجية العناصر (راجع الشكل (2-3))، ولا يعني تحسن الإنتاجية الإجمالية تحسن إنتاجية كل العناصر.



شكل (2-3)



وإن كان لنا أن نحدد بعض الملامح للعوامل التي تؤثر في الإنتاجية والتي يمكن استخدامها كوسائل للتحسين، فإننا يمكن أن نصنفها في الشكل التالي (2-4).



شكل (2-4)  
العوامل التي تؤثر في مستوى الإنتاجية

5- هناك عدة مداخل Approaches وتوجهات يمكن اعتبارها استراتيجيات Strategies يمكن اختيار بعضها أو كلها في تحسين الإنتاجية سواء كان ذلك على مستوى المنظمة أم على مستوى النشاط. واختيار أي منها يتوقف على نتيجة التحليل التي توصلنا إليها في المرحلة السابقة، بالإضافة إلى القيود

1- عملية تحسين الإنتاجية عملية دائمة Continuous Improvement. فلا يعني ثبات الإنتاجية أو تحقيق الأهداف الموضوعية للإنتاجية التوقف عن التحسين والتطوير. فلم يمد كافياً أن تحقق المنشآت المعدلات المرغوبة حيث إن هناك شركات أخرى تعمل بشكل دائم على تخطي هذه المعدلات، فلا يجب بأي حال من الأحوال أن يكون ذلك في شكل عمل يتم القيام به مرة واحدة One Shot Project. فحينما سئل العضو المنتدب CEO لـ Mc Donald's خلال عام 1996 عن سر التفوق معطاهم عالمية ماكدونالدز خلال عام 1996 عن سر التفوق اللبهم لشركته أجاب:

"You have to be dissatisfied every day"

أي أنه على الرغم من تحقيق أداء متميز بشكل يومي إلا أنه لا يجب الركون إلى ذلك، فالمنافسة لا ترحم.

2- إن عملية تحسين الإنتاجية يجب ألا تكون مجرد طموحات أو نوايا بل يجب أن تكون في شكل برامج محددة لها أهدافها وعناصرها الزمنية والمالية والبشرية. (سوف نورد في نهاية هذا الجزء كيفية إدارة برنامج لتحسين الإنتاجية).

3- من الأفضل أن يكون برنامج تحسين الإنتاجية شاملاً لكافة الأقسام والوحدات داخل المنشأة بل يجب إشراك الأطراف الخارجية من عملاء وموردين وجهات حكومية في البرنامج.

4- إن وسائل Methods واساليب تحسين الإنتاجية لا نهائية، فظاهرة التغير في الإنتاجية ظاهرة بالغة التعقيد وترجع إلى العديد من العوامل الفنية والبشرية التي يصعب حصرها. فنحن نعتقد أن كل ما تقدمه الجامعات ومراكز البحوث ووحدات البحوث والتطوير Research & Development في المنشآت الإنتاجية، وكل ما تطوره الحكومة من قوانين ونظم وإجراءات، وكل ما تتوصل إليه إدارة المنشآت من أساليب حديثة، كل ذلك يعمل بشكل مباشر وغير مباشر على تحسين الإنتاجية.

البشرية الفاعلية التي تخضع لها المنشأة ويصعب عليها تغييرها في بعض الأحيان. فقد تمنع هذه القيود من إمكانية الاعتماد على بعض تلك المداخل. وتنبع تلك المداخل من الحقيقة الحسابية البسيطة وهي أنه إذا كان المطلوب هو تحسين خارج نسبة المخرجات على المدخلات فإننا يكون أمامنا عدة مداخل.

(أ) ثبات المخرجات مع تقليل المدخلات. ويعني ذلك التخلص من عناصر المدخلات الزائدة وغير المستقلة والتي سوف لا يترتب على التخلص منها التأثير في كم المخرجات المحققة. ومثال ذلك أن تكتشف بعض المنشآت أن لديها قطعاً من الأراضي غير مستغلة وذات قيمة متميزة فتتخلص منها بالبيع مما يتيح لها موارد مالية دون التأثير على كم المخرجات وكذلك الأمر بالنسبة للعمالة الزائدة إذا كان ذلك ممكناً اجتماعياً وسياسياً وقانونياً.

(ب) زيادة المخرجات مع ثبات المدخلات ويعني ذلك استخدام كافة الأساليب الإدارية والإشرافية والرقابية التي تعمل على التحريك الأفضل للموارد ومنع حدوث الفاقد أو العمل على تقليله إلى أقل حد ممكن. ويتضح ذلك بشكل أساسي عندما يتم إدخال نظم إدارية أو عند تغيير الإدارة العليا بالعديد من المنشآت الصناعية والخدمية. ففي قطاع المستشفيات نلاحظ الأثر المباشر للإدارة الجيدة على إنتاجية وجودة تلك المنظمات. وبالمثل ينطوي هذا المدخل على التحسين لكل من الجانب الفني المتعلق بعمليات العمل والجانب البشري المتعلق بالموارد البشرية (راجع في ذلك شكل (2-4)).

(ت) زيادة المخرجات وزيادة المدخلات بشرط أن تكون نسبة الزيادة في المخرجات أعلى؛ ويعتمد هذا المدخل على التوسع والإنفاق بشرط أن يكون هناك مقابل أكبر للإنفاق. ومثال ذلك أن تقوم الشركة بإدخال نظام جديد للكمبيوتر. فمن المتوقع في هذه الحالة أن يزيد عنصر المدخلات في شكل زيادة عنصر رأس المال (أحد أجزاء مقام النسبة)، فإذا لم تضمن

الشركة أن يكون العائد المتوقع من هذا النظام (في شكل مخرجات) أكثر من المنفق عليه تنخفض الإنتاجية. كذلك الحال عند تصميم نظم الحوافز بالشركات. فمن المعروف أن نظم الحوافز تستلزم زيادة المدفوع لعنصر العمالة ولكن مع توقع أن تزيد المخرجات بنسبة أكبر. وهنا يجب ربط الحوافز بمستوى الإنتاجية وإلا أصبحت عبئاً على المنشأة.

(ث) تخفيض المخرجات وتخفيض المدخلات بشرط أن يكون تخفيض المدخلات بنسبة أكبر. ويكون ذلك عن طريق تقليص حجم النشاط Downsizing والخروج من بعض الأنشطة التي ليس للمنشأة ميزة تنافسية فيها والتركيز على الأنشطة التي تحقق فيها المنشأة مستوى إنتاجية أفضل. والمثال الواضح في هذا الصدد هو قيام شركة IBM بالخروج من نشاط إنتاج الرامع الجاهزة وتركيزها على إنتاج الأجهزة نظراً لتمييز شركة Microsoft في إنتاج الرامع الجاهزة. دعنا نأخذ على سبيل المثال إحدى الشركات التي تتكون نسبة إنتاجيتها من المكونات التالية:

الإنتاجية الكلية =  $\frac{\text{مخرجات النشاط أ} + \text{مخرجات النشاط ب}}{\text{مدخلات النشاط أ} + \text{مدخلات النشاط ب}}$

$$3 = \frac{150}{50} = \frac{50 + 100}{30 + 20}$$

من الواضح أن خروج الشركة من النشاط (ب) وتركيزها على النشاط (أ) سوف يرفع الإنتاجية إلى:

$$5 = \frac{100}{20}$$

وعن طريق التوسع في هذا المجال يمكن للشركة تحقيق مستويات ربحية أفضل. وتجدر الإشارة إلى أن بعض الشركات المصرية قد أخذت بهذا الاتجاه كما هو الحال بالنسبة لشركات المضارب التي قررت عدم الاستمرار في إنتاج الكرونة لعدم تمتعها بميزة تنافسية في إنتاجها.

(ج) زيادة المخرجات مع تخفيض المدخلات. ويعتبر ذلك هو أفضل المداخل حيث يتم عن طريقة تحقيق مخرجات أكبر بقدر أقل من المدخلات. والمثال الواضح هنا هي عملية إحلال الآلات والتكنولوجيا محل عنصر العمل. وللأسف قد لا يكون ذلك ممكناً في بعض الحالات، على الأقل في الأجل القصير. فقد تكون هناك بعض القيود الاجتماعية والسياسية التي تحد من عملية تخفيض المدخلات من عنصر العمل ولكننا يجب هنا أن ننظر إلى العملية ككل فقد يكون من الأفضل العكس، بمعنى أن يتم إحلال عنصر العمل محل عنصر رأس المال بشكل يؤدي في النهاية إلى زيادة في المخرجات مع تخفيض مدخلات رأس المال. فعملية الإحلال ليست بالضرورة على حساب عنصر العمل. فمن الممكن القيام بإحلال عنصر العمل محل المواد، خذ على سبيل المثال قيام إحدى المنشآت بشراء الأخشاب الناعمة للممس - بالطبع تكلفتها مرتفعة - لاستخدامها في صناعة الأثاث. فهي بذلك تستخدم فقط عمال التشكيل والتجميع والتشطيب اللازمين لإنتاج الأثاث. إذا قررت هذه الشركة شراء الأخشاب غير المجهزة كما هي من تجار الأخشاب المستوردة، ثم قامت هي من خلال عمال جدد بالقيام بعملية التنعيم للأخشاب فإنها بذلك سوف تؤدي إلى زيادة تكلفة عنصر العمالة مع تخفيض النفق على عنصر المواد (فالأخشاب الناعمة أكثر ثمناً من الأخشاب غير المنعمية). ويعني ذلك باختصار أنه قد ترتب على ذلك الإحلال تخفيض في المدخلات مع زيادة المخرجات.

أما وقد استعرضنا الآن المداخل العديدة لتحسين الإنتاجية فإنه تجدر الإشارة إلى أن مدخل التحسين يتوقف إلى حد كبير على هيكل تكاليف المنشأة فقد أوضحنا من قبل أن التحول إلى الآلية قد وصل بتكلفة العمالة المباشرة Touch Labor إلى قيم منخفضة تصل إلى حوالي 15٪ ويعني ذلك أن المدخل الطبيعي لتلك المنشآت لزيادة الإنتاجية سوف يكون على مداخل أخرى غيرها تخفيض تكلفة العمالة.

أما في المنشآت التي مازالت تكلفة العمالة تمثل فيها قيمة مرتفعة وبالنسبة للصناعات التي يصعب فيها الإحلال التكنولوجي أو لا يكون الأمر مجدياً من حيث العائد والتكلفة Cost-effective فإن هناك المداخل العديدة الأخرى الخاصة بتحسين طريقة الأداء والاهتمام بإنتاجية عنصر العمل.

### مثال (1-1).

فيما يلي البيانات المتعلقة بإحدى الشركات عن عامي 88، 89.

1989	1988	
1800000	1500000	الإيرادات الكلية
600000	560000	استهلاك التجهيزات الرأسمالية
223200	186000	أجور العمالة
378000	282000	قيمة مواد خام
122000	110000	الخدمات المساعدة
		والطسوبيه

1- حساب الإنتاجية الكلية.

2- حساب معدل نمو الإنتاجية.

3- حساب الإنتاجية الجزئية للعناصر واستخدام ذلك في تفسير التغير في

الإنتاجية الكلية.

### الحل

$$1- \text{الإنتاجية الكلية لعام 1988} = \frac{1,500,000}{1,138,000} = 1,318 \text{ جنيه.}$$

مخرجات / جنيه مدخلات

$$\text{الإنتاجية الكلية لعام 1989} = \frac{1,800,000}{1,323,200} = 1,360 \text{ جنيه.}$$

مخرجات / جنيه مدخلات

ويعني ذلك أن هناك زيادة في الإنتاجية الكلية في عام 89 عن الإنتاجية الكلية في عام 88.

$$2- \text{معدل نمو الإنتاجية} = \frac{\text{إنتاجية 89} - \text{إنتاجية 88}}{\text{إنتاجية 88}} \times 100$$

في آخر عام 1989

$$100 \times \frac{0,43}{1,318} = 100 \times \frac{1,318 - 1,360}{1,318} =$$

$$\%3,187 = 100 \times 0,03187$$

أي أن هناك زيادة سنوية في الإنتاجية بمعدل 3,187.

3- الإنتاجية الجزئية:

\* إنتاجية العمالة:

$$\text{إنتاجية العمالة} = \frac{\text{إجمالي المخرجات}}{\text{إجمالي الأجور}}$$

$$\frac{1,500,000}{186,000} =$$

$$8,065 = \text{جنيه مخرجات} / \text{جنيه أجر}$$

$$\text{إنتاجية العمالة} = \frac{1,800,000}{223,200} = 8,065$$

$$8,065 = \text{جنيه مخرجات} / \text{جنيه أجر}$$

ويتضح من ذلك تساوي إنتاجية العمالة خلال عام 88، 89. ويعني ذلك أن الزيادة الكلية في الإنتاجية لم تحدث نتيجة لتغير في إنتاجية العمالة.

\* إنتاجية المادة الخام:

$$\text{إنتاجية المادة الخام} = \frac{\text{إجمالي المخرجات}}{\text{قيمة المواد الخام}} = \frac{1,500,000}{282,000}$$

$$5,32 = \text{جنيه مخرجات} / \text{جنيه أجر}$$

$$\text{إنتاجية المادة الخام لعام 1989} = \frac{1,800,000}{378,000} = 4,76 \text{ جنيه}$$

مخرجات / جنيه أجر

∴ هناك نقص في إنتاجية المواد الخام. ويعني ذلك أن المواد الخام ليست سببا في زيادة الإنتاجية الكلية.

\* إنتاجية الخدمات المساعدة:

$$\text{إنتاجية الخدمات المساعدة لعام 1988} = \frac{\text{إجمالي المخرجات}}{\text{قيمة المواد الخام}} = \frac{1,500,000}{110,000}$$

$$13,64 = \text{جنيه مخرجات} / \text{جنيه خدمات}$$

$$\text{إنتاجية الخدمات المساعدة لعام 1989} = \frac{1,800,000}{122,000}$$

$$14,75 =$$

ويعني ذلك أن هناك زيادة في إنتاجية الخدمات المساعدة.

\* إنتاجية التجهيزات الرأسمالية:

$$\text{إنتاجية استهلاك التجهيزات الرأسمالية} = \frac{1,500,000}{560,000}$$

$$2,68 = \text{جنيه مخرجات} / \text{جنيه استهلاك تجهيزات}$$

$$\text{إنتاجية استهلاك التجهيزات الرأسمالية} = \frac{1,800,000}{600,000} = 3$$

ويعني ذلك أن هناك زيادة في إنتاجية كل من الخدمات المساعدة والتجهيزات

الرأسمالية مما أدى إلى زيادة الإنتاجية الكلية.

## مثال (1-2).

توافرت لديك البيانات التالية عن أداء إحدى المستشفيات في عامين متتاليين:

قسم الرجال		قسم الأطفال		
1988	1987	1988	1987	
750	600	1700	2000	عدد المرضى
12	10	7	6	عدد الأطباء
15	19	13	15	عدد للمرضات

## و المطلوب:

- 1- قياس إنتاجية كل من الأطباء والمرضات في القسمين خلال عام 1987.
- 2- حساب معدل نمو إنتاجية المرضات في قسم الأطفال خلال عام 1988 بالنسبة لعام 1987.

## الحل:

1- خلال عام 1987.

## الإنتاجية في قسم الأطفال:

$$\text{إنتاجية الأطباء} = \frac{2000}{6} = 333,3 \text{ مريض / طبيب.}$$

$$\text{إنتاجية المرضات} = \frac{2000}{15} = 133,3 \text{ مريض / ممرضة.}$$

## الإنتاجية في قسم الرجال:

$$\text{إنتاجية الأطباء} = \frac{600}{10} = 60 \text{ مريض / طبيب.}$$

$$\text{إنتاجية المرضات} = \frac{600}{19} = 31,6 \text{ مريض / ممرضة.}$$

2- إنتاجية المرضات في عام 1987      إنتاجية المرضات في عام 1988

$$\begin{aligned} \text{في قسم الأطفال} \quad & \text{في قسم الأطفال} \\ 130,77 = \frac{1700}{13} = & 133,33 = \frac{2000}{15} = \end{aligned}$$

$$\therefore \text{معدل نمو إنتاجية المرضات} = \frac{133,33 - 130,77}{133,33} \times 100 = 1,92\%$$

## الفصل الثالث

### قرار الموقع

#### Location Decision

- العوامل التي تؤثر في موقع المشروع .
- الأساليب التي تستخدم في اختيار الموقع .
  - أسلوب تحليل التعادل.
  - أسلوب النقل.
  - أسلوب للعامل العام.
- اختيار الموقع الملائم لمنشآت الخدمات .
  - قاعدة الوسيط.
  - أسلوب مركز الجاذبية.
  - اختيار وتخصيص أكثر من موقع خدمة.
- مسائل التخطيط.

## الفصل الثالث

### قرار الموقع

#### Location Decision

يعتبر قرار الموقع أحد القرارات الإستراتيجية المهمة التي تتخذها إدارة المنشأة. سواء كان ذلك في المنشآت الصناعية أم في منشآت تقديم الخدمات. ويرجع ذلك إلى أن هذا القرار يؤثر على المشروع لفترات طويلة ولا يمكن التخلص من الآثار المترتبة عليه في الأجل القصير. فبمجرد أن يتم وضع المنشأة في مكان معين يصعب عمليا نقلها إلى مكان آخر حيث يترتب على ذلك عديد من أنواع التكاليف منها تكلفة إعادة البناء والمرافق وتكلفة إعادة تركيب الآلات والتجهيزات والتي يتم خلالها احتمال التلف للعديد من المكونات. وترجع أهمية هذا القرار أيضا إلى أنه يؤثر على ممارسة بعض وظائف الإنتاج والمشروع الأخرى. فلا شك أن الموقع يؤثر على ممارسة كل من وظيفة التسويق ووظيفة النقل ووظيفة التخزين. فهو يحكم إلى حد كبير تكلفة نقل كل من المواد اللازمة للإنتاج بالإضافة إلى تكلفة نقل المنتجات النهائية. أضف إلى ذلك تكلفة التشغيل اليومية والتي ترتبط إلى حد كبير بموقع المشروع، فقد تضطر المنشآت في المواقع النائية إلى دفع أجور أعلى للعاملين بها. كما قد يضطرها الأمر إلى شراء الطاقة اللازمة للإنتاج بتكلفة أعلى. كذلك فإنها قد تعتمد على شبكة الطرق الخاصة بها أو وسائل الاتصال المرتفعة التكاليف.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المنشآت تواجه بعملية اتخاذ القرار الخاص باختيار موقع معين بشكل دائم وليس فقط في بداية حياة المشروع. فمن الشائع أن تواجه المنشآت بهذا القرار عندما يكون هناك خطة للتوسعات للطاقة الحالية. فعادة ما يكون أمام المنشآت الاختيار بين بديلين أساسيين هما إما التوسع إلى جوار الموقع الحالي أو التوسع عن طريق إضافة وحدة إنتاجية في موقع جديد. كذلك فإن المنشآت قد تفكر جدياً في بعض الأحيان في الانتقال إلى موقع جديد في ظل ظروف معينة. وهنا عادة ما يكون أمامها أكثر من بديل. وقد يكون النافع وراء ذلك الانتقال هو ارتفاع تكلفة التشغيل في

أحدى المناطق. وقد كان ذلك هو الحال حينما انتقلت مصانع النسيج في الولايات المتحدة الأمريكية من الشمال إلى الجنوب آنذاك. وقد يكون الدافع وراء الانتقال هو تعرض المواقع العالية لبعض الأخطار مما يرغب المشروع على الانتقال إلى مكان آخر. وقد كان ذلك واضحا حينما قررت بعض شركات البترول في منطقة السويس الانتقال إلى أماكن أخرى أثناء فترة الحرب المصرية الإسرائيلية في عام 1967. كما أن الانتقال قد يكون بسبب تغير التوزيع السكاني في المناطق وظهور مجالات أخرى في أماكن أخرى لتوزيع السلعة أو الخدمة. وفي كل هذه الحالات السابقة يتعين على المنشآت المفاضلة واختيار أنسب المواقع الجيدة.

وسوف نستعرض في الأجزاء التالية أهم العوامل التي تؤثر على قرار الموقع ثم ننتقل بعد ذلك إلى أهم الأساليب الكمية المستخدمة في المفاضلة بين المواقع المقترحة واختيار أفضلها.

### □ العوامل التي تؤثر في موقع المشروع:

هناك عديد من العوامل التي تؤثر في اختيار الموقع الخاص بالمنشآت وسوف نتناول أهم هذه العوامل فيما يلي:

#### (1) المادة الخام ومستلزمات الإنتاج:

يلعب هذا العنصر أهمية خاصة عند اختيار الموقع بالنسبة للمنشآت الصناعية. ويرجع ذلك إلى أن المادة الخام والمستلزمات تمثل نسبة مرتفعة من إجمالي تكلفة الإنتاج في الشركات الصناعية وتزداد أهمية هذا العنصر بالنسبة للصناعات التي تمثل فيها تكلفة المواد نسبة مرتفعة. ومثال ذلك الصناعات الغذائية التي تمثل فيها تكلفة المواد حوالي 60% من إجمالي تكلفة الإنتاج. كذلك فإن أهمية هذا العنصر تزداد عندما تزداد تكلفة نقل المادة الخام والمستلزمات، فإذا كانت تكلفة نقل المادة الخام والمستلزمات محدودة فإنه لا يكون من الضروري أن يكون موقع المشروع بالقرب من مصادر المادة الخام والمستلزمات. ومثال ذلك أن انخفاض تكلفة نقل الأخشاب قد ساعد على أن يكون موقع مصانع الأثاث بالقرب من منافذ التوزيع للمستهلك النهائي وليس إلى جوار

الغابات التي تتوافر فيها الأخشاب. أما إذا كانت تكلفة المادة الخام مرتفعة، كما هو الحال في صناعة تعليب اللحوم، فإنه عادة ما تكون المصانع إلى جوار مصادر الخدمات.

وجدير بالذكر هنا أن نشير إلى أن الأمر يعود إلى نسبة المنتج النهائي في المادة الخام. فإذا كان المنتج النهائي يمثل نسبة ضئيلة في المادة الخام، كما هو الحال في مناجم الذهب، فإنه من المفضل أن تكون عملية استخراج الذهب وتحويله إلى سبائك بالقرب من مناجم الذهب والذي يمثل كميات كبيرة على الرغم من وجود كمية ضئيلة منه ذهباً. وعلى الناحية الأخرى عندها يمثل المنتج النهائي نسبة كبيرة في المادة الخام المستخدمة، كما هو الحال في صناعة الأثاث فإنه يمكن نقل المادة الخام، الأخشاب، إلى جهات التصنيع والتي عادة ما توجد إلى جوار المستهلك النهائي.

وهناك حالات أخرى يفضل فيها أن يكون موقع المصنع إلى جوار مراكز إنتاج المواد والمستلزمات. ومثال ذلك صناعة تعليب المواد الغذائية وتجهيزها. فمن المعروف أن عملية نقل تلك المواد من خضروات وفواكه يترتب عليها تلف جزء كبير منها مما يشجع على إنشاء وحدات التعبئة والتعليب بجوار المزارع التي توجد بها تلك الموارد.

#### (2) العمالة:

ويقصد بذلك درجة توفر الأعداد اللازمة من تخصصات معينة وبمستوى مهارة معينة ومستوى أجور معينة في إحدى المناطق. أما من حيث الأعداد فهناك بعض الصناعات التي تحتاج إلى أعداد كبيرة من الأفراد والتي يطلق عليها صناعات كثيفة العمالة. ومثال ذلك صناعة الغزل والنسيج والملابس الجاهزة. فعلى الرغم من إدخال التكنولوجيا الحديثة والآلات في هذه الصناعات إلا أن العنصر البشري مازال يحتل أهمية خاصة بها. ولذلك فإن هذه الصناعات عادة ما توجد في الأماكن التي تتوافر فيها أعداد كبيرة من الأفراد. فقد ازدهرت صناعة الغزل والنسيج في مصر، والصين، والهند والعديد من الدول ذات الكثافة السكانية. كذلك فإن صناعة الملابس الجاهزة قد تقدمت بشكل واضح في كل من تايبوان والصين وكوريا وماليزيا ومصر، حتى أدى ذلك



إلى قيام الشركات الأمريكية ذاتها بإنتاج الحديد من ملابسها ذات الماركات المشهورة في تلك البلاد حتى تحقق الوفرة في تكلفة العمالة اللازمة لإنتاج تلك السلع نظراً لانخفاض الأجور في تلك الدول.

كذلك فإن توافر تخصصات نوعية معينة في بعض المناطق يساعد على وجود المصانع بها. فإنشاء مصنع لإنتاج الكمبيوتر ليس يحتاج إلى أعداد كبيرة ولكن إلى توافر تخصصات دقيقة في مجال محدد. وذلك أمر لا يتحقق للحديد من الدول. ويفسر ذلك وجود هذه الصناعة في اليابان وشمال الولايات الأمريكية، كما هو الحال أيضاً بالنسبة لصناعة السيارات في كل من البلدين.

وقد أوضحت المؤشرات الحديثة الدور الذي يلعبه وجود نقابات عمالية في تفضيل المشروع لبعض المناطق. فعادة ما يفضل المستثمرون إنشاء مشروعاتهم في الأماكن التي تقل فيها قوة الحركة النقابية والتدخل الحكومي. فعادة ما يكون التدخل الشديد للنقابات والحكومات في تحديد ساعات العمل ومستويات الأجور وقواعد فصل العمال بأحد العناصر التي تعمل على عدم تشجيع أصحاب الأعمال على التواجد في أماكن معينة.

### (3) مواقع الأسواق ومناطق التوزيع :

تحاول المنشآت التي تهني بتقديم الخدمات الحرس على التواجد إلى جوار المستهلك الخاص بالخدمة التي تقدمها. وينطبق ذلك على المطاعم والبنوك والفنادق وشركات النقل والمواصلات. بالإضافة إلى منشآت تقديم الخدمات الحكومية. كذلك فإن المنشآت التجارية تعتبر أن تواجدها في أماكن التجمعات السكانية أحد عناصر المنافسة الرئيسية التي تعتمد عليها. فعلى الرغم من توافر السلع نفسها لدى العديد من محلات التجزئة الصغيرة إلا أن موقع تواجدها عادة ما يكون هو السبب الرئيسي لوجودها.

وعند اختيار موقع الحديد من منشآت الخدمات أو المنشآت التجارية يتم عادة دراسة ظروف المنافسة في تلك المواقع والأسواق. فقد لا يحتمل الأمر إضافة مطعم جديد أو طبيب جديد في أحد المواقع.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن هناك أحد العوامل الأخرى الذي قد يحتم على بعض المنشآت التواجد إلى جوار المستهلك، وهو قابلية السلع التي تقدمها المنشأة للتلف مع مرور الوقت. ومثال ذلك المخازن ومحلات الزهور ومحلات بيع الأسماك والتي يعد مهماً بالنسبة لها تقديم منتجاتها بشكل طازج قبل مرور مدة معينة.

وكما أوضحنا من قبل فإن تكلفة نقل وتوزيع بعض المنتجات النهائية قد تكون هي العنصر الحاكم في اختيار الموقع لبعض المنشآت. فعادة ما تخدم مخازن مواد البناء منطقة معينة فقط نظراً لارتفاع تكلفة نقل تلك المواد لجهات بعيدة.

وأخيراً فإن وحدات الجهاز الحكومي التي يتولى تقديم الخدمات التي لا تهلف إلى الريح عادة ما تكون إلى جوار مراكز التجميع السكاني حتى يؤدي ذلك إلى انخفاض تكلفة الوقت والجهد المستغرق من قبل الأفراد المتعاملين مع تلك الوحدات. فانتشار مكاتب البريد ووحدات الإطفاء والمدارس في أماكن مختلفة يكون بهدف تخفيض العبء عن المتعاملين مع تلك الجهات.

### (4) مصادر الطاقة والمياه :

على الرغم من أنه من الممكن هنياً إنشاء بعض وحدات إنتاج الطاقة الصغيرة اللازمة لإمداد المشروع بالطاقة اللازمة له لأغراض الإضاءة، إلا أن المشروعات الصناعية عادة ما تحتاج إلى مصدر دائم للطاقة في المناطق التي تختارها كموقع لها. وفي بعض الصناعات لا بد من إنشاء المصانع بالقرب من مصادر قوية للطاقة نظراً للحاجة الفنية إلى ذلك في عملية التصنيع ذاتها. ومثال ذلك صناعة الألومونيوم التي تحتاج إلى مصادر طاقة كهربائية مرتفعة القوة حتى يمكن فصل خام الألومونيوم عن باقي العناصر المعدنية الأخرى. ولذلك فقد تم إنشاء مصنع الألومونيوم بالقرب من السد العالي في جنوب مصر حيث يتوافر هذا النوع من الطاقة، كذلك يتم عادة إنشاء مصانع السجاد بجوار مصادر الغاز الطبيعي.

ويعمد أيضاً توافر المياه أساساً جداً بالنسبة لبعض الصناعات الغذائية والكيميائية، كذلك فإن صناعة الزجاج تحتاج إلى مصدر جاري للمياه للاعتماد عليه في العملية الصناعية ذاتها.

#### (5) درجة التشجيع الحكومي وسياسة الدولة :

تهدف العديد من الحلول إلى تشجيع المستثمرين على إنشاء مشروعات صناعية أو خدمية بها في مناطق محددة. وقد تبعت العديد من الدول سياسات عديدة في هذا السلك منها :

(أ) إنشاء مناطق حرة في بعض الأجزاء من الدولة.

(ب) الإعفاء الضريبي لفترة سنوات.

(ت) بيع الأراضي بأسعار منخفضة في بعض الأماكن.

(ث) التوسع في إنشاء البنية الأساسية لبعض الأماكن.

(ج) الإعفاء من قيود التوظيف وقوانين العمل السائدة.

(ح) عدم وضع قيود على تحويل الأرباح والعائد المحقق من تشغيل تلك المشروعات.

(خ) الإعفاء الجمركي لمستلزمات الإنتاج والآلات والمعدات اللازمة.

ومن شأن تلك السياسات أن تشجع على تواجد المشروعات في بعض الأماكن التي يكون الهدف تنميتها ورفع مستوى المعيشة بها. كذلك فإن مثل هذه السياسات تحد من التكدس السكاني في أماكن معينة بالإضافة إلى تقليل التأثير غير المرغوب فيه على البيئة في بعض الأماكن السكنية.

#### (6) عوامل أخرى :

تجدر الإشارة هنا أيضاً إلى أن هناك عدة عوامل أخرى قد يكون لها تأثير كبير على اختيار المواقع الخاصة بالمنشآت. ومنها طبيعة المناخ السائد في منطقة معينة، درجة توافر وسائل الاتصال والواصلات، درجة توافر المساكن للعاملين بالمنشأة، درجة توافر

المدارس وجودة مستوى التعليم في بعض المناطق، درجة توافر الخدمات الحكومية الأخرى كالامن والمطافي والمستشفيات، بالإضافة إلى درجة توافر الأرض اللازمة سواء من حيث المساحة اللازمة الآن وللتوسع المستقبلي أم من حيث طبيعة التربة ونوع الأرض المتاحة.

#### □ الأساليب التي تستخدم في اختيار الموقع :

بعد أن تعرضنا لأهم العوامل التي قد تؤثر في موقع المشروع، يمكننا الآن الانتقال إلى عرض أهم المداخل المستخدمة في المفاضلة بين المواقع المقترحة المختلفة واختيار لفضائها.

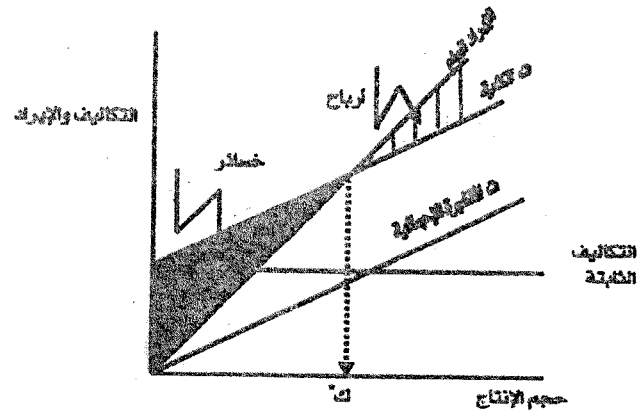
يمكن تقسيم العوامل السابقة التي أشرنا إليها إلى مجموعتين أساسيتين من العوامل يجب أخذها في الحسبان عند اتخاذ قرار الموقع وهي :

#### أولاً : عوامل يمكن قياسها مالياً :

وهي العوامل التي يكون لها تأثير على التكاليف أو الإيراد ويمكن قياس ذلك الأثر مالياً. فعلى سبيل المثال يمكن قياس تكلفة العمالة وتكلفة شراء المادة الخام وتكلفة نقل المواد والمنتجات النهائية وتكلفة شراء الأرض اللازمة والبناء عليها. وفي كل هذه الحالات يمكن المفاضلة بناءاً على التكاليف الإجمالية لكل موقع. كذلك فإنه إذا اختلفت الإيراد المتوقع في كل موقع فإنه يمكن المفاضلة بناءاً على أرقام الأرباح المحققة في المواقع المختلفة. وفي كل هذه الحالات فإن القياس يتم في شكل مالي.

#### ثانياً : عوامل لا يمكن قياسها مالياً :

أشرنا من قبل إلى أن هناك بعض العوامل البيئية مثل المناخ، ومستوى التعليم، وقوة النقابات العمالية، ومدى التدخل الحكومي، والتي قد يكون لها تأثير أيضاً عند اختيار الموقع. وسوف يكون من الخطأ الشديد عدم أخذ تلك العوامل في الحسبان عند اختيار قرار الموقع.



شكل (3-1)

أما النوع الثاني من التكاليف فهو يسمى بالتكاليف المتغيرة، وهي عبارة عن التكاليف المرتبطة بشكل مباشر بعدد الوحدات التي يتم إنتاجها. ومثال ذلك تكلفة المادة الخام الداخلة في إنتاج وحدة معينة بالإضافة إلى تكلفة العمالة المباشرة اللازمة لإنتاج تلك الوحدة. وفي تحليل التعادل الخطي يفترض أن التكلفة المتغيرة للوحدة ثابتة. أي أنه ليس هناك ما يسمى بوفورات التشغيل. فإذا كانت تكلفة إنتاج الوحدة هي خمسة جنيهات فإن تكلفة إنتاج وحدتين معاً تكون هي عشرة جنيهات. وهكذا. ولذلك فإن العلاقة بين حجم الإنتاج والتكلفة المتغيرة الإجمالية تأخذ شكل الخط المستقيم الذي يبدأ من نقطة الأصل كما هو في الشكل (3-1). حيث يحكم ميل هذا الخط التكاليف المتغيرة للوحدة. وتحسب التكاليف المتغيرة الإجمالية عن طريق المعادلة:

$$\text{ت المتغيرة الإجمالية} = \text{حجم الإنتاج} \times \text{التكاليف المتغيرة للوحدة}$$

وإتماداً على هذا التقسيم للتكاليف يمكن حساب التكاليف الكلية والتي تعبر عن مجموعة كل من ت المتغيرة الإجمالية والتكاليف الثابتة عند حجم النشاط المختارة. ويعبر عن ذلك خط التكاليف الكلية الموازي لخط التكاليف المتغيرة الإجمالية في الشكل (3-1). وهو

وسوف نعرض فيما يلي بعض الأساليب التي تستخدم في معالجة قرار الموضع والتي يمكن تقسيمها إلى مجموعتين:

(أولاً) الأساليب التي تأخذ في الحسبان العوامل المالية فقط، وسوف نتناول منها كل من: أسلوب تحليل التعادل وأسلوب النقل.

(ثانياً) الأساليب التي تأخذ في الحسبان كل العوامل المالية والعوامل غير المالية معاً، وسوف نتناول منها أسلوب المعامل العام.

### [1] أسلوب تحليل التعادل:

يقوم تحليل التعادل Break-Even Analysis بصفة عامة على عدة مفاهيم أساسية هي:

(أ) يمكن تقسيم التكاليف الخاصة بالنشاط إلى مجموعتين أساسيتين من حيث علاقتها بحجم الإنتاج وهي التكاليف الثابتة والتكاليف المتغيرة. أما التكاليف الثابتة فهي التكاليف التي يتحملها المشروع وليست لها علاقة بحجم الإنتاج أو الطلاقة في حدود معينة. ومثال ذلك مرتبات المديرين وتكلفة الإيجار وأقساط استهلاك الآلات. ويمكن التعرف عليها بشكل بسيط في بعض الحالات التجارية التي تتحمل تكاليف ثابتة يومية بغض النظر عن عدد المترددين عليها. وتظهر هذه التكاليف في شكل خط مستقيم موازياً للمحور الأفقي في الشكل (3-1). وجدير بالذكر أن هذه التكاليف تعد ثابتة في حدود مستوى طاقة معين. فإذا تم استيعاب تلك الطاقة بالكامل قد يضطر المشروع إلى إضافة تكاليف جديدة تكون في شكل قفزة مفاجئة لمستوى جديد تماماً للتكاليف الثابتة.

التكاليف الكلية = التكاليف الثابتة + التكاليف المتغيرة الإجمالية.

(ب) يمكن التعبير عن الإيراد العام للمنشأة عن طريق خط الإيراد العام الذي يتأثر بحجم الإنتاج وذلك اعتماداً على فرض أساسي وهو أن كل الوحدات التي يتم إنتاجها يتم بيعها. فإذا كان هناك سعر بيع محدد للوحدة فإن فرض الخطية أيضاً (عدم وجود تخفيض في سعر بيع الوحدة) يقتضي أن يكون

$$\text{الإيراد العام} = \text{حجم الإنتاج} \times \text{سعر بيع الوحدة.}$$

ويشير عن ذلك خط الإيراد العام في الشكل (3-1) والذي يبدأ من نقطة الأصل.

(ت) يمكن تعريف نقطة التعادل على الشكل (3-1) بأنها النقطة التي للتعادل عندها التكاليف الكلية مع الإيراد الكلي. أي أن المشروع لا يحقق عندها ربحاً أو خسارة. ويحيز عنها بعدد الوحدات (ك\*). ومن الواضح أن المشروع يحقق خسائراً إذا كان حجم إنتاجه أقل من (ك\*) كما أنه يحقق أرباحاً إذا زاد حجم إنتاجه عن (ك\*).

ويمكن التوصل إلى نقطة التعادل (حجم الإنتاج الذي يحقق التعادل) عن طريق المعادلات كما يلي:

عند نقطة التعادل

$$\text{الإيراد الكلي} = \text{التكاليف الكلية}$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{ت} \\ \text{المتغيرة} \\ \text{للوحة} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \text{التي} \\ \text{تحقق} \\ \text{التعادل} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{التكاليف} \\ \text{الثابتة} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{سعر بيع} \\ \text{الوحدة} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \text{عدد الوحدات} \\ \text{التي تحقق} \\ \text{التعادل} \end{array} \right)$$

والتي يمكن التعبير عنها في شكل الرموز التالية :

$$(ك^*) (س) = (ث) + (ك^*) (م)$$

ومنها

$$ك^* س - ك^* م = ث$$

وعلى ذلك فإن :

$$ك^* = \frac{ث}{س - م}$$

ويتضح من هذه المعادلة أن :

- (1) عند ثبات العوامل الأخرى فإن العلاقة بين عدد الوحدات التي تحقق التعادل والتكاليف الثابتة علاقة طردية. أي أن المشروعات ذات التكاليف الثابتة المرتفعة تحتاج إلى حجم إنتاج أكبر حتى تحقق التعادل.
- (2) عند ثبات العوامل الأخرى فإن العلاقة بين عدد الوحدات التي تحقق التعادل وسعر بيع الوحدة علاقة عكسية، بمعنى أنه يمكن للمنشآت أن تقلل من ك\* عن طريق رفع سعر بيع الوحدة.
- (3) عند ثبات العوامل الأخرى فإن العلاقة بين عدد الوحدات التي تحقق التعادل والتكاليف المتغيرة للوحدة علاقة طردية، بمعنى أنه يمكن للمنشآت أن تقلل من ك\* عن طريق تخفيض التكاليف المتغيرة للوحدة.
- (4) يطلق على (س - م) درجة مساهمة كل وحدة يتم بيعها في تغطية التكاليف الثابتة (والربح المحقق).
- (5) إذا كان المطلوب هو تحديد حجم الإنتاج الذي يحقق أرباحاً وليس فقط التعادل فإن المعادلة تكون:

$$ك \text{ مريح} = \frac{ث + \text{الربح}}{س - م}$$

وبالمنطوق نفسه فإن حجم الإنتاج الذي يحقق خسارة هو

$$ك \text{ خسارة} = \frac{ث - \text{الخسارة}}{س - م}$$

مثال :

بفرض أن التكاليف الثابتة في إحدى العمليات الصناعية هي 200,000 جنيه وأن التكاليف المتغيرة للوحدة (الجنيه) هي 20 مادة خام 25 عمالة، 5 خدمات مباشرة.

المطلوب :

حساب نقطة التعادل بالوحدات إذا كان سعر بيع الوحدة هو 100 جنيه.

$$\frac{200,000}{50 - 100} = 4000 \text{ وحدة.}$$

مثال :

في المثال السابق إذا كانت المنشأة تهدف إلى تحقيق ربح قدره 20,00 جنيه، حسب حجم الإنتاج اللازم تحقيقه.

$$\frac{20,00 + 200,000}{50 - 100} = 4400 \text{ وحدة.}$$

مثال :

إذا أنتجت الشركة وباعت فقط 3000 وحدة. ما هو مقدار الخسارة التي

$$200,000 - \text{الخسارة}$$

يتحقق؟

$$50 - 100 = 3000$$

ومنها الخسارة = 50,000 جنيه.

والآن وبعد أن استعرضنا المفهوم العام لأسلوب التعادل يمكننا أن نسأل أنفسنا.

كيف يمكن استخدام تحليل التعادل في تحديد الموقع؟

تقوم الفكرة الأساسية لهذا التحليل على أنه ليس هناك موقع مفضل بشكل دائم عند كل أحجام النشاط المختلفة. فالموقع الذي قد يكون مفضلاً للمشروع الصغير ليس

بالضرورة هو الذي يكون مفضلاً في حالة المشروع الكبير. فالأمر يتوقف أولاً وأخيراً على حجم النشاط طالما أن المواقع المختلفة تختلف من حيث كل من التكاليف الثابتة والتكاليف المتغيرة للوحدة الخاصة بها. ويمكن أن توضح هذه الحقيقة من خلال المثال التالي:

مثال :

إذا توافرت لدى إحدى المنظمات الصناعية ثلاثة مواقع بديلة هي س، ص، ع. وترغب الإدارة في تحديد الموقع الملائم الذي يكون عنده قد تم تحقيق الاستخدام الاقتصادي للمشروع حسب حجم الإنتاج. وقد توافرت لديك البيانات التالية الخاصة بالتكاليف في المواقع الثلاث.

الموقع	ت الثابتة	ت المتغيرة للوحدة
س	10,000 جنيه	9 جنيه
ص	12,000 جنيه	7 جنيه
ع	25,000 جنيه	5 جنيه

والمطلوب :

1- تحديد حجم الإنتاج الذي ينبغي عنده اختيار كل موقع.

2- بفرض أن إنتاج الشركة هو 5000 وحدة فقط وقررت الإدارة أن يكون

الموقع الذي يتم اختياره هو الموقع س. ما هو الأثر من حيث التكاليف المترتبة على هذا القرار؟

بالنسبة للنقطة ك<sub>1</sub> فهي عند تقاطع كل من التكاليف الكلية (س) والتكاليف الكلية (ص). ويعني ذلك أن هاتين التكاليفتين متعادلتان عند هذه النقطة. أي أن

$$\text{ت الكلية (س)} = 10,000 + \text{ك}_1 (9)$$

تعاادل

$$\text{ت الكلية (ص)} = 12,000 + \text{ك}_1 (7)$$

ومن هنا فإن

$$10,000 + \text{ك}_1 (9) = 12,000 + \text{ك}_1 (7)$$

$$2000 = \text{ك}_1 (2)$$

$$\text{ويعني ذلك أن ك}_1 = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ وحدة.}$$

وبالطريقة نفسها فإنه عند النقطة ك<sub>2</sub> تتعاادل التكاليف الكلية لكل من الموقع

(ص) والموقع (ع).

أي أن :

$$\text{ت الكلية (ص)} = 12,000 + \text{ك}_2 (7)$$

$$\text{ت الكلية (ع)} = 25,000 + \text{ك}_2 (5)$$

ومن هنا

$$12,000 + \text{ك}_2 (7) = 25,000 + \text{ك}_2 (5)$$

$$13,000 = \text{ك}_2 (2)$$

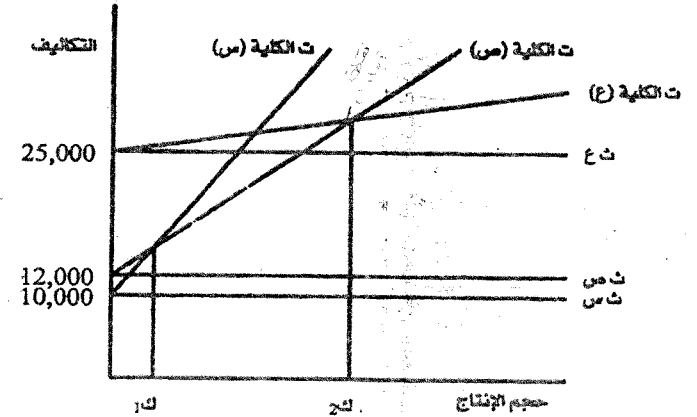
$$\text{ويعني ذلك أن ك}_2 = \frac{13,000}{2} = 6500 \text{ وحدة.}$$

وعلى ذلك فإن القاعدة في اختيار المواقع تكون كما يلي:

إذا كان حجم المشروع بين صفر، 1000 وحدة فإن الموقع المفضل هو س.

وإذا كان حجم المشروع بين 1000، 6500 وحدة فإن الموقع المفضل هو ص.

تكون الخطوة الأولى لحل هذا التمرين هي رسم دالة التكاليف الكلية للمواقع الثلاثة اعتماداً على البيانات الخاصة بكل من التكاليف الثابتة والمتغيرة لكل منهم. ويجب هنا أن نلاحظ أن قيمة التكاليف المتغيرة للوحدة سوف تحكم ميل خط التكاليف الكلية في كل حالة. ويكون الرسم نسبي، بمعنى أن ميل خط الموقع س يجب أن يكون أكبر من ميل الخط ص وميل خط الموقع ص يجب أن يكون أكبر من ميل خط الموقع ع حسب بيانات هذا المثال، ويكون ذلك في الشكل التالي.



يوضح هذا الشكل أنه حتى يمكن للمنشأة أن تحقق أقل تكاليف في كل الحالات فإنه إذا كان الإنتاج ينحصر بين صفر، ك<sub>1</sub> فإن الموقع المفضل يجب أن يكون هو الموقع (س)، أما إذا كان حجم نشاط الشركة بين كل من ك<sub>1</sub>، ك<sub>2</sub> فإنه يجب أن يكون الموقع المختار هو (ص) حيث إن ذلك يحقق أقل التكاليف. كذلك فإنه إذا زاد حجم الإنتاج عن ك<sub>2</sub> فيجب أن يكون الموقع المختار هو (ع) حيث يحقق ذلك أقل التكاليف عند هذا الحجم من النشاط.

والسؤال الآن كيف يمكن تحديد كل من ك<sub>1</sub>، ك<sub>2</sub>؟ الإجابة هي عن طريق حل معادلات التكاليف الكلية عند نقطة التقاطع.

وإذا كان حجم المشروع بين 6500 فأكثر فإن الموقع المفضل هو ع.

وبالطبع فإنه عند حجم الإنتاج 1000 يتساوى أن يكون المصنع في أي من الموقعين س، ص. وكذلك عند حجم الإنتاج 6500 يتساوى أن يكون المصنع في أي من الموقعين ص، ع.

وللإجابة على الجزء الثاني من المثال يجب تحديد التكاليف المترتبة على قرار الإدارة والتكاليف المترتبة على أفضل سياسة مقترحة.

تكلفة أن يكون المصنع في الموقع (ص) عند حجم إنتاج 5000 وحدة

$$= 10,000 + (9)5000 = 55,000 \text{ جنيه.}$$

أما حسب السياسة المقترحة فيما سبق فإنه عند حجم الإنتاج 5000 يجب أن يكون المصنع في الموقع (ص)، عند التكاليف مقدارها

$$= 12,000 + (7)5000 = 47,000 \text{ جنيه.}$$

وهي ذلك أن عدم اتباع الشركة للسياسة المثلى المقترحة سوف يؤدي إلى تحملها تكلفة إضافية تعادل

$$8000 = 47,000 - 55,000 \text{ جنيه.}$$

ملحوظة:

افترضنا في هذا التحليل السابق أن سعر بيع الوحدة ثابت وليس له علاقة بالموقع الذي سوف يتم اختياره. وذلك لجرد التسهيل فقط حيث يمكن استخدام التحليل نفسه في حالة تغير سعر بيع الوحدة حسب المواقع المختلفة.

## [2] أسلوب النقل: Transportation Method

يعتمد استخدام هذا الأسلوب والمعروف باسم أسلوب النقل على المفاضلة بين المواقع المختلفة المقترحة بناءً على أقل تكلفة نقل ممكنة سواء كان ذلك للمواد المستخدمة أم لتوزيع المنتجات النهائية. وعلى الرغم من أن الحسيبة الأساسية لأسلوب

النقل (راجع في ذلك ملحق هذا الفصل) تعتمد على الوصول إلى أفضل شبكة توزيع لتقليل تكلفة النقل الكلية إلى أقل حد ممكن إلا أنه يمكن استخدام أسلوب النقل في حالة اختلاف تكلفة الإنتاج في مواقع مختلفة وفي حالة اختلاف سعر بيع الوحدات في مراكز التوزيع المختلفة.

وحتى يمكننا التعرف على كيفية استخدام أسلوب النقل في اختيار أفضل المواقع يمكننا الآن الاعتماد على المثال الثاني.

مثال:

تمتلك إحدى الشركات الصناعية مصنعين في مدينتي السادات والعبور، وتقوم بتوزيع منتجاتها في ثلاثة مراكز تسويق رئيسية هي القاهرة، الإسكندرية وبورسعيد. وفيما يلي البيانات الخاصة بطاقة مصانعها الرئيسية واحتياجات مراكز التوزيع الثلاث وتكلفة نقل الوحدة (بالجنيه) من كل مصنع إلى كل مركز تسويق.

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	بورسعيد	المطابقة
السادات	6	10	17	30
العبور	8	12	14	20
الطلب	25	10	40	75

وبسبب وجود عجز في الوفاء بالطلب تفكر الشركة في إنشاء مصنع آخر، ومن المقترح أن يكون هذا المصنع إما في 6 أكتوبر أو في العامرية. فإذا كانت تكلفة نقل الوحدة (بالجنيه) من هذين الموقعين المقترحين إلى مراكز التوزيع الثلاثة على النحو التالي:

وتكون الخطوة الأولى هي تقييم الحل المبدئي بقصد اختيار مثاليته وذلك اعتماداً على طريقة السير على العنبر.

الساعات / بورسعيد

$$5+ = 24 - 29 = 14 - 12 + 10 - 17 +$$

العبور / القاهرة

$$18 - 18 = 6 - 10 + 12 - 8 + \text{ صفر}$$

العامرية / القاهرة

$$1+ = 6 - 10 + 12 - 14 + 15 - 10 +$$

العامرية / الإسكندرية

$$5- = 27 - 22 = 12 - 14 + 15 - 8 +$$

وحيث إن هناك قيمة سالبة في نتيجة التقييم فيعني ذلك أن الحل الحالي ليس هو الحل الأمثل. وتكون الخطوة التالية هي تحسين الحل الذي يكون بوضع أقصى عدد ممكن من الوحدات في الخلية (العامرية / الإسكندرية). وكما هو معروف في ظل أسلوب النقل يتم اختيار أقل القيم في الخلايا الركنية السالبة على المسار الذي يستخدم في تقييم تلك الخلية. وفي هذه الحالة يتم وضع خمس وحدات في الخلية (العامرية / الإسكندرية) مع تعديل باقي المسار بالقيمة نفسها على النحو التالي :

من	إلى	القاهرة	الإسكندرية	بورسعيد	الطاقة
الساعات	6	10	17	30	
العبور	8	12	14	20	
العامرية	10	8	15	25	
الطلب	25	10	40	75	

من	إلى	القاهرة	الإسكندرية	بورسعيد
العامرية	10	8	15	
6 أكتوبر	12	13	5	

الأسلوب :

استخدام أسلوب النقل اعتماداً على تكلفة النقل فقط، في اختيار أفضل المواقع المقترحة.

حتى يمكن تحليل هذه المشكلة يجب معالجتها على أنها مسألتان مختلفتان لأسلوب النقل على أساس أن البديل الأول يمثل حالة مستقلة يجب التوصل فيها إلى الحل الأمثل وأقل تكاليف ممكنة. كما أن البديل الثاني يمثل حالة مستقلة يجب التوصل فيها إلى الحل الأمثل الخاص بها وأقل تكلفة. ثم بعد ذلك يتم مقارنة التكاليف الخاصة بالحلول المثلى للبديلين واختيار البديل الذي يقلل التكاليف إلى أقل حد ممكن، ويكون ذلك على النحو التالي :

البديل الأول (أن يكون المصنع الجديد في مدينة العامرية).

يمكن وضع هذا البديل في صورة جدول النقل المبدئي على النحو التالي :

من	إلى	القاهرة	الإسكندرية	بورسعيد	الطاقة
الساعات	6	10	17	30	
العبور	8	12	14	20	
العامرية	10	8	15	25	
الطلب	25	10	40	75	



ثم نكرر مرة أخرى عملية اختيار مثالية الحل الحالي على النحو التالي :

السادات / بورسعيد

$$+ 17 - 10 + 8 - 15 = 25 - 25 = \text{صفر}$$

المبور / القاهرة

$$+ 8 - 6 + 10 - 8 + 15 - 14 = 28 - 33 = 5 +$$

المبور / الإسكندرية

$$+ 12 - 8 + 15 - 14 = 22 - 27 = 5$$

العامرية / القاهرة

$$+ 10 - 6 + 10 - 8 = 14 - 20 = 6 +$$

وحيث إن نتيجة التقييم للخلايا الفارغة جميعها موجبة فيعني ذلك أن الحل الحالي هو الأمثل. وتكون تكلفة هذا الحل هي:

$$14 \times 20 + 10 \times 5 + 6 \times 25$$

$$+ 15 \times 20 + 8 \times 5 +$$

$$= 820 \text{ جنيه.}$$

البديل الثاني (أن يكون المصنع الجديد في مدينة 6 أكتوبر).

يمكن أيضاً وضع هذا البديل في صورة جدول النقل المبني على النحو التالي:

من \ إلى	القاهرة	الإسكندرية	بورسعيد	الحظيرة
السادات	6	10	17	30
المبور	8	12	14	20
6 أكتوبر	10	13	5	25
الطلب	25	10	40	75

ويتم التقييم بقصد اختبار مثالية الحل الحالي على النحو التالي:

السادات / بورسعيد

$$+ 17 - 10 + 12 - 14 = 24 - 29 = 5$$

المبور / القاهرة

$$+ 8 - 6 + 10 - 12 = 18 - 18 = \text{صفر}$$

6 أكتوبر / القاهرة

$$+ 12 - 5 + 14 - 12 = 6 - 10 = 13 +$$

6 أكتوبر / الإسكندرية

$$+ 13 - 5 + 14 - 12 = 17 - 27 = 10$$

وحيث أن كل القيم موجبة أو صفرية فإن ذلك الحل الحالي يكون هو الحل الأمثل

وتكون تكلفته هي :

$$12 \times 5 + 10 \times 5 + 6 \times 25$$

$$595 = 5 \times 25 + 14 \times 15 +$$

القرارة ،

بمقارنة الحل الأمثل في كل من البديلين يتضح أن الموقع المفضل هو موقع

"6 أكتوبر" حيث إن التكلفة هي فقط 595 جنيه.

ملحوظة :

أوضحنا حتى الآن أن أسلوب النقل يمكن أن يستخدم في اختيار موقع المشروع اعتماداً على تكلفة النقل فقط. وجدير بالذكر هنا أن نشر إلى أنه يمكن أيضاً استخدام الأسلوب نفسه في حالة اختلاف تكلفة الإنتاج في المواقع المختلفة، ويكون ذلك عن طريق إضافة تكلفة إنتاج الوحدة في موقع معين إلى تكلفة النقل في كل الخلايا الأفقية الخاصة بهذا الموقع. وبذلك فإن التكاليف في الخلايا سوف تعبر عن مجموع كل من تكلفة النقل وتكلفة الإنتاج. ثم بعد ذلك يتم حل التمرين كتمرين نقل عادي ويكون الهدف هو تسوية التكاليف الكلية إلى أقل حد ممكن.

### [3] أسلوب المعامل العام:

يقوم هذا الأسلوب الذي قدمه كل من Brown and Gibson على تقسيم مجموعة العوامل التي تؤثر في قرار الموقع إلى ثلاث مجموعات أساسية هي:

1- العوامل الموضوعية Objective Factors، وهي التي يمكن قياسها في شكل مالي، ومثال ذلك كافة أنواع التكلفة والعائد. ويمكن التعبير عنها بالاختصار OF.

2- العوامل الذاتية أو الشخصية Subjective Factors، وهي مجموعة العوامل التي لا يمكن قياسها حالياً ولكن يمكن ترتيب المواقع من حيث تحقيق كل عامل بها. ومثال ذلك قوة الحركة النقابية في دولة معينة، جودة التعليم، ودرجة الاستقرار الاقتصادية. ويمكن ترتيب المواقع على أساس أفضل المواقع من حيث التعليم ثم الموقع التالي ثم الموقع الثالث... وهكذا. وبالتالي فإن القيم التي تعطي لكل موقع بالنسبة للعامل تعبر عن رتبة Rank. وتعرف هذه العوامل بـ SF.

3- العوامل الحرجة Critical Factors، وهي عبارة عن العوامل التي لا يمكن قياسها مالياً أيضاً ولكن يعتبر توافرها أساساً لقيام المشروع في منطقة معينة. ولذلك فإن القيم الخاصة بها بالنسبة لكل موقع تكون (صفر) أو (1). ويعني (صفر) أن العنصر غير متوفر في موقع معين أما القيمة (1) فتعني أن العنصر متوفر. ويستخدم لتلك المجموعة من العوامل الاختصار CF.

أما خطوات استخدام هذا الأسلوب فتتقوم على:

- 1- تقسيم العوامل إلى مجموعات وتحديد العناصر داخل كل مجموعة.
- 2- إعطاء قيمة لكل موقع في كل عنصر لمجموعات العوامل.
- 3- حساب معامل خاص لكل موقع حسب المجموعات الثلاث يطلق عليها:

OI العامل الموضوعي للموقع

SI العامل الذاتي للموقع

CI العامل الخارج للموقع

4- استخدام المعاملات الثلاثة المحسوبة لكل موقع في الوصول إلى ما يسمى

بالمعامل العام للموقع GI

ويكون ذلك اعتماداً على المعادلة التالية

$$GI_i = CL_i [\alpha (OI_i) + (1 - \alpha) (SL_i)]$$

وذلك على أساس أن  $\alpha$  تعبر عن الأهمية النسبية للعوامل الموضوعية بالنسبة للعوامل الذاتية. فإذا كانت المشروعات تهدف أساساً إلى الربح وتتأثر بالعديد من العوامل التي يمكن قياسها مالياً (التكلفة والعائد) فإنها تعطي وزناً أكبر للعوامل الموضوعية. أما إذا كانت هناك مشروعات عامة يتم دراستها لا تهتم فقط بالجانب المالي فإن العوامل الذاتية قد تعطي وزناً أكبر. وفي جميع الحالات فإن الوزن النسبي يكون في شكل نسبة مئوية ويكون حاصل جمع الوزن النسبي المستخدم للعوامل الموضوعية والعوامل الذاتية يساوي واحد صحيح. بمعنى أن

$$\alpha + (1 - \alpha) = 1$$

مثال:

توافرت لديك البيانات التالية والخاصة ببعض العوامل التي سوف تستخدم في المفاضلة بين أربعة مواقع لاختيار أحدهما كموقعها لأحد المشروعات وذلك على أساس أن أهمية العوامل الموضوعية تعادل ثلاثة أضعاف أهمية العناصر الذاتية:

أولاً : بيانات خاصة بالعوامل الموضوعية

العنصر	تكاليف البناء (جنيه)	ت الضرائب (جنيه)	ت الملائمة (جنيه)
1	10,000	3,000	2,000
2	20,000	1,000	2,000
3	12,000	6,000	2,000
4	14,000	4,000	3,000

ثانياً : بيانات خاصة بالعوامل الشخصية (الثانية)

العنصر	ترتيب الموقع حسب اللوائح	ترتيب الموقع حسب التعليم	ترتيب الموقع حسب الإسكان
1	2	2	1
2	4	2	2
3	3	4	3
4	1	1	4

ثالثاً : بيانات خاصة بالعوامل العرجة

العنصر	درجة توافر الملائمة	درجة توافر الاتصالات	درجة توافر الأمن
1	متوفرة	متوفرة	متوفرة
2	متوفرة	متوفرة	متوفرة
3	متوفرة	متوفرة	متوفرة
4	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة

طالما أسلوب :

استخدام تلك البيانات في الوصول إلى أفضل المواقع باستخدام أسلوب المعامل العام.

العمل : يكون ذلك على عدة خطوات هي :

- 1- تحديد معامل موضوعي لكل موقع. ويكون ذلك عن طريق تحديد مجموع التكاليف لكل موقع واختيار أكبر قيمة (أسوء موقع) ثم قسمة التكاليف الإجمالية الخاصة بكل موقع على تلك القيمة على النحو التالي:

العنصر	ت البناء	ت الضرائب	ت الملائمة	مجموع التكاليف	معامل الموضوعي للموقع OI
1	10,000	3,000	2,000	15,000	0,6522
2	20,000	1,000	2,000	23,000	1,000
3	12,000	6,000	2,000	20,000	0,8696
4	14,000	4,000	3,000	21,000	0,9130

- 2- تحديد معامل شخصي لكل موقع. ويكون ذلك عن طريق تحديد مجموع الرتب لكل موقع وقسمة هذا المجموع على أقصى مجموع ممكن والذي يماثل عدد العناصر مضروباً في عدد المواقع (12 في هذه الحالة) ويكون ذلك على النحو التالي:

العنصر	للناخ	التعليم	الإسكان	مجموع الترتيب	معامل الشخصي للموقع SI
1	2	2	1	6	0,500
2	4	2	2	8	0,667
3	3	4	3	10	0,833
4	1	1	4	6	0,500

- 3- تحديد معامل حرج لكل موقع. ويكون ذلك عن طريق استخدام القيمة (1) عندما يكون العنصر متوفر والقيمة (صفر) عندما يكون العنصر غير متوفر. ثم ضرب تلك القيم لكل موقع على النحو التالي :

واعتماداً على ذلك فإن

$$GI_1 = 1[.75(.6522) + .25(.500)]$$

$$= .6142$$

$$GI_2 = 1[.75(1.000) + .25(.666)]$$

$$= .9168$$

$$GI_3 = 1[.065(.8696) + .25(.833)]$$

$$= .8605$$

$$GI_4 = 0[.75(.9130) + .25(.5000)]$$

$$= 0$$

وفي هذه الحالة يتم اختيار المعامل العام الأقل (بشرط ألا يعادل صفر) وهو الخاص بالموقع (1) والذي يكون هو الموقع المفضل في هذه الحالة.

#### اختيار الموقع الملائم للمنشآت والخدمات:

تناولنا في الأساليب السابقة كيفية اختيار موقع المشروع اعتماداً على البيانات المالية (التكلفة والعائد) فقط أو اعتماداً على كل من البيانات المالية وغير المالية. أما في بعض الحالات الأخرى، وبصفة خاصة مشروعات الخدمات، قد يمكن الاعتماد على البيانات غير المالية فقط في اتخاذ قرار الموقع. فإذا أن تكون تكلفة إنشاء المشروع واحدة في كافة المواقع وبالتالي فإنها لا تعد عنصراً حاسماً عند المفاضلة، كما هو الحال عند إنشاء مدرسة أو مستشفى حكومي، أو أن التكلفة (رغم اختلافها بين المواقع) ليست هي المعيار الرئيسي نظراً لأهمية إنشاء وحدة تقديم الخدمة بغض النظر عن التكلفة، وذلك مثل إنشاء مركز شرطة أو مركز إسعاف على الطرق الرئيسية. وفي مثل هذه الحالات يكون المعيار هو تقليل معاناة المواطنين في الانتقال بفرض الحصول على الخدمة. وسوف نتناول في هذا الجزء عدة حالات توضح بعض الأساليب والقواعد التي يمكن استخدامها لاتخاذ قرار الموقع في ظل هذه الظروف.

العامل المخرج للموقع CT	الأمن	التصالحات	التكلفة	العنصر
1	1	1	1	1
1	1	1	1	2
1	1	1	1	3
صفر	صفر	صفر	1	4

4. يتم حساب المعامل العام لكل موقع اعتماداً على المعادلة

$$GI_i = CL_i[\alpha(OT_i) + (1-\alpha)(SL_i)]$$

وتكون المشكلة هنا هي تحديد قيمة  $\alpha$  التي تعبر عن درجة أهمية العوامل الموضوعية بالنسبة للعوامل الذاتية (الشخصية). ويمكن استخدام البيان الوارد في المثال نحو الأهمية النسبية على أساس أن

$$\frac{\text{العوامل الذاتية}}{1-\alpha} \quad \text{و} \quad \frac{\text{العوامل الموضوعية}}{\alpha}$$

وعلى أساس أن  $\alpha$  يجب أن تعادل ثلاثة أضعاف  $(1-\alpha)$  فإن  $\alpha = 3(1-\alpha)$  ومعنى ذلك أن

$$\alpha = 3 - 3\alpha$$

وعلى ذلك فإن

$$3\alpha + \alpha = 3$$

$$\alpha = \frac{3}{4}$$

وهذا هو الوزن النسبي الذي سوف يستخدم في ترجيح المعامل الموضوعي لكل موقع. وحيث أن الوزن النسبي للمعامل الشخصي هو  $(1-\alpha)$  فإنه

$$= 1 - \left(\frac{3}{4}\right) = \left(\frac{1}{4}\right)$$

وعلى ذلك فإن الوزن النسبي للمعامل الموضوعي = .75، والوزن النسبي للمعامل الشخصي = .25.

القرية	التدفق المتوقع	التدفق المتوقع التراكمي
القرية الأولى	$600 = 3 \times 2000$	600
القرية الثانية	$200 = 4 \times 500$	800
القرية الثالثة	$320 = 4 \times 800$	1120
القرية الرابعة	$1500 = 5 \times 300$	2620
القرية الخامسة	$450 = 3 \times 1500$	3070

(2) حدد إجمالي التدفق المتوقع وقيمة الوسيط

وفي المثال الحالي يصل إجمالي التدفق المتوقع إلى 3070 وحدة، أما الوسيط فهو عبارة عن المفردة التي تقع في المنتصف بحيث يكون عدد الأفراد قبلها يعادل عدد الأفراد بعدها. وفي المثال الحالي سوف تكون هي المفردة رقم 1535، والتي يتضح من القيم المحسوبة للتدفق المتوقع للقرى المختلفة أنها سوف توجد في القرية الرابعة.

(3) يكون القرار الآن هو إنشاء الوحدة الصحية في موقع الوسيط (أي داخل القرية الرابعة) وبذلك فإن حجم التدفق المتوقع الإجمالي لهذا الحل.

$$450 + 320 + 200 + 600 =$$

$$1570 \text{ مشوار.}$$

□ أسلوب مركز الجاذبية: Center of Gravity

ويستخدم هذا الأسلوب لتحديد الموقع المناسب في حالة الرغبة في إنشاء مركز (أو مخزن رئيسي) يتولى التوزيع لأكثر من مخزن فرعي (أو محلات بيع مباشر). ويضمن هذا الأسلوب تخفيض تكلفة النقل (متمثلة في عدد الوحدات التي يتم نقلها ومسافة النقل) الكلية للنظام إلى أقل حد ممكن.

وتقوم الفكرة الأساسية للأسلوب على التصوير البياني لأماكن المخازن الفرعية (محلات البيع المباشر) في شكل كل من الاحداثي السيني (X) والصادي (Y) لكل موقع والاعتماد على بعض المعادلات الرياضية البسيطة في الوصول إلى أفضل إحداثي للموقع المقترح.

□ قاعدة الوسيط: Median Rule

وتقضي هذه القاعدة باختيار الموقع الأمثل الذي يضمن أن يكون نصف حجم التدفق إلى الموقع هذا في اتجاه معين كما أن نصف حجم التدفق إلى ذات الموقع يكون في الاتجاه المعاكس. وتستخدم هذه القاعدة إذا كانت كافة المواقع المقترحة في صف واحد. One Dimension.

مثال:

بفرض أن هناك خمس قرى سياحية متجاورة في الساحل الشمالي (في صف واحد). وكان عدد السكان في كل منها 2000، 500، 800، 3000، 1500 نسمة على التوالي. كذلك فقد أوضحت الدراسات أن احتمال حاجة الفرد إلى الخدمة الطبية خلال فصل الصيف هي 3، 4، 4، 5، 3. في القرى الخمسة على التوالي. فإذا رأت الحكومة إنشاء وحدة صحية في إحدى القرى الخمسة لخدمتهم جميعاً، ما هو أنسب الأماكن التي يمكن اختيارها؟

التحليل:

حتى يمكن تخفيف السيم على ساكني تلك القرى إلى أقل حد ممكن يجب اختيار المكان الذي يقلل عدد الأفراد المتنقلين بهدف الحصول على الخدمة الصحية. وطالما أن القرى السياحية الخمسة متجاورة (المسافة بين القرية والقرية التي تليها صفر) وبافتراض أن المسافات بين مداخل تلك القرى تكاد تكون متساوية. فإنه يمكن اتباع قاعدة الوسيط Median Rule على النحو التالي:

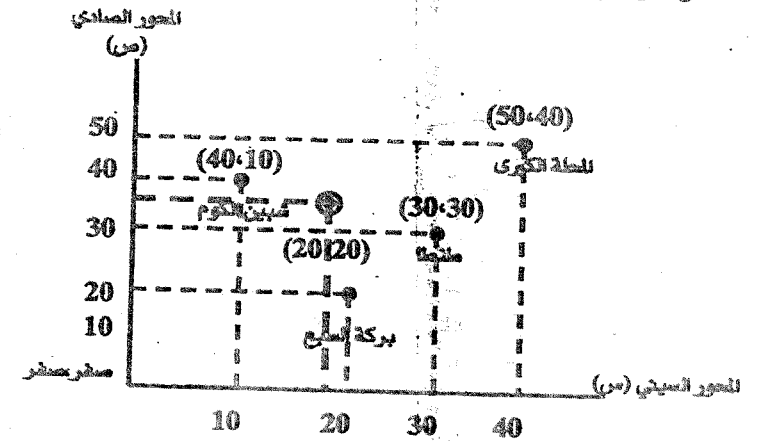
(1) احسب حجم التدفق المتوقع من كل قرية إلى المركز الطبي

$$= \text{عدد السكان} \times \text{احتمال الحاجة إلى الخدمة الطبية للفرد}$$

ويكون حجم التدفق المتوقع من القرى الخمسة كما يلي:

### مسألة

تفكر شركة بيع المصنوعات المصرية في إنشاء مخزن مركزي يقضي أربعة منافذ توزيع في كل من طنطا، المحلة الكبرى، بركة السبع، شبين الكوم. وفيما يلي التصوير البياني لمواقع تلك المدن (مطبعة في شكل الاحداثي السيني والصادي لكل مدينة) على أحد أجزاء خريطة دلتا مصر، والتي يتضح منها الاحداثي السيني (س) والصادي (ص) لكل مدينة بالنسبة لأحد النقاط الافتراضية (صفر، صفر) في الدلتا.



وقد قدرت احتياجات الفروع الأربعة خلال العام على النحو التالي:

الفرع	الاحتياجات السنوية (بالطن) (ك)
فرع طنطا	35
فرع المحلة الكبرى	15
فرع بركة السبع	15
فرع شبين الكوم	85
مجموع ك	150

والطلب، الاعتماد على أسلوب مركز الجاذبية لتحديد أفضل المواقع بالنسبة

للمخزن الرئيسي الجديد.

### الحل

اعتماداً على البيانات السابقة يمكن تقدير كميات النقل المرجحة بالمسافة التي يتم نقلها من الموقع المفترض (س، ص) إلى مراكز التوزيع الأربعة على النحو التالي:

مجموع (ك ص) لكل المواقع

$$\begin{aligned}
 & 85(10) + 15(20) + 15(40) + 35(50) = \\
 & 850 + 300 + 600 + 1050 = \\
 & 2800 =
 \end{aligned}$$

ومنها : متوسط س (وهو عبارة عن الاحداثي السيني للموقع المرغوب)

$$\text{مجموع (ك س)} = \frac{2800}{150} = 18,67 \text{ يتم تقريبها إلى } 19.$$

مجموع ك

كذلك فإن مجموع (ك ص) لكل المواقع

$$\begin{aligned}
 & 85(40) + 15(20) + 15(50) + 35(30) = \\
 & 3400 + 300 + 750 + 1050 = \\
 & 5500 =
 \end{aligned}$$

ومنها : متوسط ص (وهو عبارة عن الاحداثي الصادي للموقع المرغوب)

$$\text{مجموع (ك ص)} = \frac{5500}{150} = 36,67 \text{ يتم تقريبها إلى } 37.$$

مجموع ك

وبعني ذلك أن إحداثي موقع المخزن المركزي المقترح هما (37, 19) على الرسم السابق. أي أن هذا الموقع سوف يكون قريباً إلى حد ما من مدينة شبين الكوم (40, 10).

## مسائل للتدريب

7- إذا توافرت لديك البيانات التالية الخاصة بنشاط إحدى الشركات الصناعية عن العام الماضي 1992،

حجم الإنتاج بالوحدات	40,000
سعر بيع الوحدة	200
تكلفة استهلاك الآلات	550,000
أجور العمال (منها 100,000 جنيه أجور ثابتة)	1400,000
تكلفة المواد الخام	1100,000
الخدمات المساعدة المتغيرة	1600,000
خدمات مساعدة ثابتة	250,000
تكاليف إدارية ثابتة	100,000

## والمطلوب

- 1- حساب حجم التعادل وقيمة التعادل.
- 2- التوضيح البياني.
- 3- ما مقدار ربح الشركة أو خسرتها عند حجم إنتاج 8000 وحدة؟
- 4- ما الحجم الذي يجب أن تخطط الشركة لإنتاجه لكي تحقق ربح مخطط قدره 250,000 جنيه؟
- 5- كيف يمكن للشركة من خلال مبيعات قدرها 15,000 وحدة أن تحقق التعادل؟

2- إذا توافرت لديك البيانات التالية والخاصة بإحدى الشركات الصناعية عن عام 1991،

حجم إنتاج الشركة	1,000
سعر بيع الوحدة	66
تكلفة استهلاك الآلات	190,000
تكلفة العمالة	12,000
تكلفة المواد الخام	9,000
تكلفة خدمات مساعدة ثابتة	5,000
تكلفة خدمات مساعدة متغيرة	6,000

## والمطلوب

- 1- تحديد حجم التعادل وقيمة التعادل.
- 2- ما مقدار ربح الشركة أو خسرتها عند حجم مبيعات يبلغ 4,000 وحدة؟
- 3- ما الحجم الذي يجب أن تنتجه الشركة لكي تتمكن من تحقيق أرباح مستهدفة مقدارها 58500 جنيه؟
- 4- كيف يمكن للشركة من خلال مبيعات قدرها 4500 وحدة أن تحقق التعادل؟
- 5- بفرض أن إحدى المنظمات الصناعية يمكن أن تختار بين ثلاثة مواقع هي ص، ع، و وترغب الإدارة في تحديد حجم الإنتاج والذي عنده تكون الإدارة قد استخدمت كل موقع استخداماً اقتصادياً، وقد توافرت البيانات عن التكاليف المرتبطة في كل موقع وتظهر في الجدول التالي:

### (2) العوامل الموضوعية (OF):

للموقع	العوامل الموضوعية	تكاليف الصيانة	تكاليف التشغيل	تكاليف الطاقة	تكلفة البناء
1	50,000	5,000	110,000	750,000	
2	55,000	7,000	150,000	660,000	
3	53,000	7,000	100,000	720,000	
4	49,000	6,000	90,000	725,000	
5	60,000	7,500	100,000	600,000	

### (3) العوامل الشخصية (SE):

للموقع	العوامل الشخصية	المناخ	للسكان	التعليم	الترقية
1	2	1	1	3	
2	2	2	3	4	
3	1	2	2	2	
4	4	4	5	1	
5	5	5	4	5	

إذا توافرت لديك البيانات التالية لمواقع مختلفة:

أولاً: البيانات الخاصة بالعوامل المخرجة:

للموقع	للأمان	للأمان	للمنطقة	للمنطقة
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1

للموقع	تكاليف (جنيه)	تكاليف (جنيه)
س	2000	3
ص	3000	2
ع	5000	1,5

والمطلوب تحديد حجم الإنتاج الذي ينبغي عنده ان نختار كل موقع.

6- بفرض ان إحدى المنظمات الصناعية يمكن ان تختار بين ثلاث مواقع هي س، ص، ع وترغب الإدارة في تحديد حجم الإنتاج والذي عنده تكون الإدارة قد استخدمت كل موقع استخداماً اقتصادياً، وقد توافرت البيانات عن التكاليف المرتبطة بكل موقع وتظهر في الجدول التالي:

للموقع	تكاليف (جنيه)	تكاليف (جنيه)
أ	1,000	6
ب	20,000	3
ج	50,000	1

والمطلوب تحديد الموقع الأمثل بالنسبة للمنظمة إذا علمت ان حجم الإنتاج المخطط هو 16,000 وحدة.

7- توافرت لديك البيانات التالية الخاصة بخمسة مواقع مقترحة لتكون مقراً لإحدى الشركات. والمطلوب استخدامها في تحديد الموقع المفضل للمشروع وذلك على أساس ان أهمية العوامل الموضوعية تعادل ضعف أهمية العوامل الشخصية:

### (1) العوامل المخرجة (CF):

للموقع	العوامل الموضوعية	الأمان	المناخ	الاتصالات
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1



### ثانياً: بيانات مالية :

للموقع	تكلفة البناء	تكلفة الضرائب
1	11,450,000	35,000
2	15,200,000	40,000
3	10,000,000	39,000
4	14,500,000	43,000

### ثالثاً: البيانات الشخصية :

للموقع	للناخ	للإسكان	للتعليم
1	3	2	3
2	2	4	1
3	4	1	4
4	1	3	2

### المطلوب :

1- حساب العامل العام للمواقع السابقة إذا علمت أن  $\alpha = 57\%$ .

2- تحديد أفضل المواقع.

9- تقوم إحدى الشركات بالمفاضلة بين 5 مواقع متاحة أمامها لإقامة مصنع جديد وقد تم حصر العوامل الحرجة والموضوعية والذاتية لكل موقع وفيما يلي بيان بهذه العوامل:

### أولاً: العوامل الذاتية :

وتجدر في الجدول التالي:

للموقع	للموقع	للموقع	للموقع	للموقع
للموقع	للموقع	للموقع	للموقع	للموقع
1	2	1	1	1
2	1	4	2	2
3	4	5	3	3
4	5	3	4	4
5	3	2	5	5

### ثانياً: العوامل الموضوعية :

وقد تم عمل حصر لجميع أنواع التكلفة في الجدول التالي:

للموقع	للموقع	للموقع	للموقع	للموقع	للموقع
للموقع	للموقع	للموقع	للموقع	للموقع	للموقع
1	2	3	4	5	6
2	1	4	2	3	4
3	4	5	3	4	5
4	5	3	4	5	6
5	3	2	5	6	7

### ثالثاً: العوامل الحرجة :

وقد حددت الشركة عاملين حرجين أساسيين بالنسبة لها وهما:

مدى توافر مصادر الطاقة ومدى توافر الصرف الصحي، وقد ظهر أن الموقع لا تتوفر فيه شبكات للصرف الصحي، وأيضاً الموقع لا تتوفر فيه مصادر الطاقة.

### والمطلوب :

تحديد أفضل المواقع ملائمة بالنسبة للشركة، وذلك على أساس أن الوزن النسبي

$$\alpha = 75\%$$

## ملحق الفصل الثالث

### مشكلة النقل والتوزيع

- مشكلة النقل.
- التطور التاريخي لأسلوب النقل.
- خطوات الحل باستخدام أسلوب النقل.
- الخطوة الأولى: وضع المشكلة في شكل جدول النقل.
- الخطوة الثانية: عمل التوازن إذا لزم الأمر.
- الخطوة الثالثة: إيجاد حلاً مبدئياً.
- استخدام طريقة الركن الشمالي الشرقي.
- استخدام طريقة أقل التكاليف.
- استخدام طريق فوجال التقريبية.
- الخطوة الرابعة: اختبار مثالية الحل.
- طريقة سير على الحجر.
- طريقة التوزيع المعدل.
- الخطوة الخامسة: تعديل الحل الحالي.
- حالة عدم التوازن في مشكلة النقل.
- حالة عدم الانتظام.
- أسئلة للمراجعة.
- تمارين للتدريب.
- مراجع الملحق.

## مشكلة النقل والتوزيع

يتناول هذا الملحق حالة خاصة من حالات أسلوب ترمجة الخطية، وهي أسلوب النقل Transportation، فعلى الرغم من أن مشكلة النقل يمكن حلها باستخدام أسلوب السمبلكس، إلا أن الصفات الخاصة التي تتميز بها تجعل من الأسهل أن يتم حلها عن طريق بعض الأساليب الموضوعة خصيصاً لها. ويانتهى هذا الجزء، نكون قد عرضنا خطوات هذا الأسلوب وبعض تطبيقاته.

### ❑ مشكلة النقل Transportation Problem :

تتعلق مشكلة النقل بصفة عامة بحالة نقل كميات متجانسة Homogeneous من منتج معين من مصادر Sources متعددة بها كميات متاحة إلى مواقع Destinations مختلفة لكل منها طلب محدد ومعروف، وقد يكون الهدف من ذلك هو تخفيض تكاليف النقل إلى أقل حد ممكن. وهي الحالة الغالبة، أو تعظم الربح إلى أقصى حد ممكن، كما يطلق على هذه المشكلة أيضاً اسم مشكلة التوزيع Distribution Problem نظراً لأن صورتها الأصلية تعالج مشاكل توزيع المستلزمات على مواقع الإنتاج أو توزيع المنتجات النهائية على مراكز التخزين أو مراكز التوزيع المختلفة وهو ما يعرف بالوصول إلى أفضل شبكة توزيع.

وتوضح الفقرة السابقة أن الكميات التي سوف يتم نقلها من المصادر إلى المواقع يفترض أنها جميعاً متجانسة، وعلى ذلك فإن وصول كميات للموقع الأول من المصدر الأول مثلاً لا يختلف كثيراً عن وصول الكميات إلى الموقع الأول من أي مصدر آخر توجد فيه الكميات. فالوحدات الموجودة في المصادر المختلفة متشابهة تماماً من حيث المواصفات ودرجة الجودة. كذلك يفترض أنه ليست هناك أية أنواع أخرى من القيود بالإضافة إلى قيود الكميات. والمطلوب في مثل هذا النوع من المشاكل هو الوصول إلى تحديد للكميات الواجب نقلها من كل مصدر إلى كل موقع في حدود الطاقة المتاحة وبشكل لا يتجاوز مقدار الطلب اللازم في كل المواقع يقلل إجمالي تكاليف النقل إلى أقل

حد ممكن. فعلى سبيل المثال، يفرض أن لدى إحدى شركات الطوب الأسمنتية ثلاثة مراكز أساسية يتم فيها إنتاج الطوب بطاقة إنتاجية معينة على النحو التالي:

المصنع (المصدر)	الطاقة الإنتاجية (بالألف وحدة)
بركة السبع	120
دمنهوور	80
أبو حماد	80
إجمالي الطاقة	280

وأن الشركة قد ارتبطت بإمداد بعض العمليات الإنشائية في كل من القاهرة، والإسكندرية، والمنصورة بالطوب الأسمنتية اللازم لها وكان تقدير الطلب اللازم لها كما هو مبين في الجدول التالي:

مركز التوزيع (الموقع)	الطلب اللازم (بالألف وحدة)
القاهرة	150
الإسكندرية	70
المنصورة	60
إجمالي الطاقة	280

فإن هدف هذه المشكلة يكون هو الوصول إلى أفضل شبكة توزيع، أو بمعنى آخر هو الوصول إلى تحديد عدد الوحدات التي يتم نقلها من مصنع بركة السبع إلى مراكز التوزيع الثلاث، وعدد الوحدات التي يتم نقلها من مصنع دمنهوور إلى مراكز التوزيع الثلاث، وعدد الوحدات التي يتم نقلها من مصنع أبو حماد إلى مراكز التوزيع الثلاث،

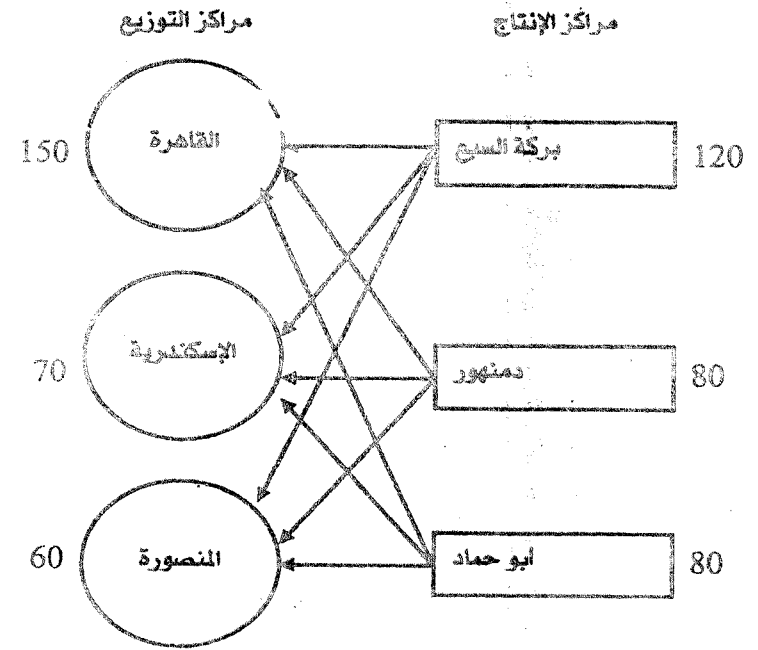
من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة
بركة السبع	8	10	9
دمنهور	12	5	15
أبو حماد	7	14	9

وبالطبع فإن تكلفة النقل هذه تتوقف على عدة عوامل منها: نوع السلعة التي يتم نقلها، والمسافة بين المصدر والوجه، ووسيلة النقل المتاحة، ونوع الطرق الموجودة، ودرجة توافر الطرق الممهدة، ودرجة توافر شحنات في مثل هذه الأماكن تضمن استقلال وسيلة النقل في رحلة العودة وغيرها من العوامل الأخرى. كذلك فإن الشركة قد تقوم بنفسها بعملية النقل دون الاعتماد على الغير. وعلى الرغم من ذلك فيجب عليها أن تقوم بتقدير تكلفة النقل هذه واتخاذها أساساً لقرار الكميات التي يتم نقلها.

نخلص من ذلك إلى أن المشكلة التي أمامنا تستلزم تحديد الكميات الواجب نقلها من المصانع إلى مراكز التوزيع في حدود قيود الطاقة (بالمصانع) والطلب (لمراكز التوزيع) وبشكل يضمن تقليل تكاليف النقل الإجمالية إلى أقل حد ممكن. وكما ذكرنا فإن هذه المشكلة يمكن حلها باستخدام أسلوب السيمبلكس ولكن بفضل استخدام أسلوب النقل الذي وضع خصيصاً لمعالجتها.

### التطور التاريخي لأسلوب النقل:

لم يبدأ التحليل الرياضي لمشكلة النقل قبل عام 1941. عندما نشر F.L.Hitchcock دراسته الأولى "The Distribution of a Product from Several Sources to Numerous Locations" والتي تعلقت أساساً بتوزيع السلع، ومنذ هذا التاريخ قام عديد من الباحثين مثل W.W.Cooper & A.Charned:George وB.Dantisg, T.C.koopmans وآخرون عنيدون بدراسة المشكلة نفسها،



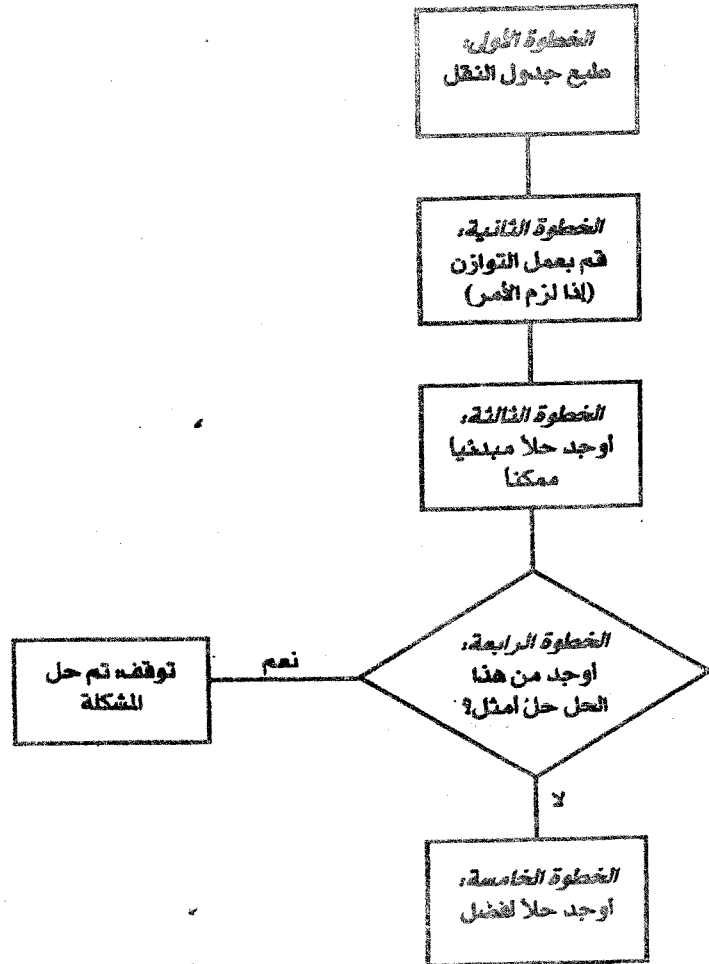
شكل (م 3-1)

ويتضح هذا المعنى في الشكل (م 3-1) والذي يبين أيضاً مقدار الطاقات المتاحة في مراكز الإنتاج وكذلك مقدار الطلب اللازم في كل مركز توزيع.

ويهمنا هنا أن نوضح أن حل مشكلة النقل يهدف إما إلى تقليل تكلفة النقل الإجمالية (وهذه هي الحالة الغالبة) أو إلى تعظيم الأرباح المحققة. ويقتضي ذلك أن يكون معروفاً أيضاً تكلفة نقل الوحدة من كل مصدر إلى كل موقع. فيجب مثلاً تقدير تكلفة نقل الوحدة أو (الألف وحدة) من بركة السبع إلى القاهرة ومن دمنهور إلى القاهرة.... وهكذا. ومثال ذلك أن يكون لدينا الجدول التالي لشركة الطوب الأسمنتية والذي يوضح تكلفة نقل الألف وحدة بالجنبيه بين المصادر والمواقع المختلفة:

ب- طريقة أقل التكاليف The Least Cost Method (أو طريقة أعلى الأرباح Largest Profit في حالة تعظيم الأرباح).

ث- طريقة فوجال التقريبية Vogel's Approximation Method.



شكل (م 2-3) خطوات حل مشكلة النقل

ففي عام 1947 قدم Koopmans دراسة، ليست مرتبطة بدراسة Hitchcock موضوعها توسيع استخدام فكرة أسلوب النقل Optimum Utilization of the Transportation Systems كما قدم Dantzig كيفية صياغة مشكلة النقل باستخدام أسلوب البرمجة الخطية في الحالات الخاصة، وساهمها & Cooper A.Charnes في عام 1953 بتقديم طريقة تقييم الخلايا الفارغة والتي تعرف بأسلوب الحجر المتنقل (سوف نتناولها فيما بعد).

#### خطوات العمل باستخدام أسلوب النقل:

إن أسلوب النقل هو أسلوب حل في شكل خطوات محددة تعتمد على البحث عن الحلول وتقييمها بقصد الوصول إلى الحل الأمثل، وهو في ذلك يتشابه كثيراً مع أسلوب السمبلكس في مشاكل البرمجة الخطية بصفة عامة. وتتكون هذه العملية من خمس خطوات أساسية كما هي موضحة في الشكل (م 2-3) ويمكن إيجازها فيما يلي:

الخطوة الأولى: صنع مشكلة النقل في شكل جدول النقل التقليدي والذي يحتوي

على بيانات الطاقة والطلب وتكلفة نقل الوحدة.

الخطوة الثانية: قم بعمل التوازن (إذا لزم الأمر)، وذلك لضمان تماثل إجمالي الطاقة مع إجمالي الطلب. ويكون ذلك عن طريق إضافة صف أو عموداً وهمياً (كما سنرى). أما إذا كانت المشكلة متوازنة فلا داعي للقيام بهذه الخطوة.

الخطوة الثالثة: أوجد الحل المبدئي الممكن.... وهو عبارة عن الحل الذي يأخذ في الحسبان كل من قيود الطاقة وقيود الطلب ويفي بشرط عند المتغيرات الأساسية = عدد الصفوف + عدد الأعمدة - 1. ويمكن الوصول إلى الحل المبدئي عن طريق أي من الطرق التالية:

أ- طريقة التفضيل المشترك Mutually Preferred Method.

ب- طريقة الركن الشمالي الشرقي (والتي يطلق عليها طريق الركن الشمالي الغربي Northwest Corner Rule في الإنجليزية).

الخطوة الرابعة: اختبار مثالية الحل. وفيها يتم اختبار ما إذا كان الحل هو حلاً أمثل أو لا. ويمكن أن يتم ذلك باستخدام أي من الطرق التالية:

1- طريقة الحجر المتنقل Stepping Stone Method.

2- طريقة التوزيع المعدل Modified Distribution (MODI) Method.

الخطوة الخامسة: تحسين الحل الحالي... ويكون ذلك في حالة التأكد من أن الحل الحالي ليس هو الحل الأمثل في الخطوة السابقة. ويتم في هذه الخطوة تغيير المتغيرات الأساسية (الخلايا المملوءة) الموجودة في الحل عن طريق إدخال متغيرات غير أساسية (الخلايا المملوءة). ويتضمن ذلك أيضاً تحديد أقصى قيمة يمكن أن يأخذها المتغير الأساسي الجديد.

الخطوة السادسة: كرر الخطوات الرابعة والخامسة حتى تصل إلى الحل الأمثل.

ونعتقد عند هذه المرحلة أن أفضل طريقة لشرح هذه الخطوات تفصيلاً هي عن طريق مثال عملي.

مثال (2-1) شركة الطرب الاسمنتي (تابع):

باستخدام البيانات نفسها التي تم ذكرها من قبل عن شركة الطوب الاسمنتي، الخاصة بطاques المصانع واحتياجات مراكز التوزيع وتكلفة نقل الوحدة، يمكن اتباع خطوات الحل على النحو التالي:

الخطوة الأولى: وضع المشكلة في شكل جدول النقل:

ويتضح ذلك من الجدول (2-1) الذي يحتوي على مجموعة من الصفوف يعبر كل منها عن أحد المصانع ومجموعة من الأعمدة يعبر كل منها عن أحد مراكز التوزيع. كما يوجد صف إضافي في آخر الجدول يعبر عن مقدار الطلب اللازم لكل مركز توزيع وإجمالي الطلب. وأيضاً يوجد عمود إضافي في آخر الجدول يعبر عن مقدار الطاقة اللازمة لكل مصنع وكذلك إجمالي الطاقات المتاحة بها جميعاً، أما بيانات تكلفة نقل الوحدة فقد تم وضعها في أعلى الركن الشمالي الشرقي من كل خلية في الجدول (بالطبع يمكن وضعها على يسار الخلية أيضاً في الركن الشمالي الغربي).

الخطوة الثانية: عمل التوازن إذا لزم الأمر:

بتأمل الأرقام الواردة في كل من الصف والعمود الأخير في مصفوفة النقل الأساسية نجد أن مجموع الطاقة المتاحة =  $120 + 80 + 80 = 280$  وحدة هو تماماً مجموع الطلب اللازم في مراكز التوزيع =  $150 + 70 + 60 = 280$ . وعلى ذلك فالمشكلة

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة	الطاقة
بركة السبع	8	10	9	120
دمنهو	12	5	15	80
أبو حماد	7	14	9	80
الطلب	150	70	60	280

الجدول (م3-1)  
جدول النقل لشركة الطوب الاسمنتي

متوازنة، لا يلزم إجراء أية تعديلات أخرى.

الخطوة الثالثة: إيجاد حلاً مبدئياً:

أجملنا فيما سبق أن الحل المبدئي هو الذي يأخذ في الحسبان كل من قيود الطاقة وقيود الطلب ويعني بشرط عدد المتغيرات الأساسية = عدد الصفوف + عدد الأعمدة - 1. ولكن الآن أكثر تحديداً: أن الحل المبدئي يجب أن يكون ممكناً Feasible كما أنه يجب أن يكون أساسياً Basic ولذلك من الصحيح، كما فعلنا في أسلوب السمبلكس، أن يطلق عليه الحل الممكن الأساسي المبدئي Initial Basic Feasible، وحتى يمكن تحقيق هاتين الخاصيتين في مشكلة النقل يجب أولاً ألا يتعارض هذا الحل مع أي من قيود الطاقة أو قيود الطلب. وذلك أمر ممكن أن نضمنه بمجرد أننا في تحديد الكميات الواجب نقلها نراعي ألا تزيد على إجمالي الطاقة في كل مصنع، كما أن الكميات التي

تنقل إلى كل مركز لا تزيد عن إجمالي المطلوب في هذا المركز. ويمكن القول أن أي من الطرق الأربعة - التي سوف نتناول بعضها فيما بعد - تضمن تلقائياً تحقق هذا الشرط. أما الشرط الثاني، وهو شرط أن يكون حلاً أساسياً، فيعني أن المتغيرات المختارة كأساس للحل (المتغيرات الأساسية) يجب أن يكون بينها وبين عدد القيود (المعادلات) ذات التأثير الفعال Effective علاقة عكسية معينة. فإذا تأملنا المعادلة الواحدة التي بها متغيران مجهولان، نجد أنه للوصول إلى حل لقيم هذين المتغيرين يجب أن نفترض أن واحداً من هذه المتغيرات يساوي الصفر. فلا يمكن استخدام معادلة واحدة في الوصول إلى قيم مجهولين. كما لا يمكن استخدام معادلتين في الوصول إلى قيم ثلاثة مجاهيل. ولكننا في قواعد الجبر نعرف أن عدد المعادلات يجب أن يعادل عدد المجاهيل حتى يمكن حل هذه المعادلات معاً لتحديد قيمة هذه المجاهيل. لذلك وباستخدام اصطلاحات البرمجة الخطية، نقول أن عدد المجاهيل التي يمكن أن نحدد قيمتها يجب أن يساوي عدد القيود (المعادلات في الصيغة النمطية) المؤثرة. أما معنى مؤثرة، فهو ألا يكون قيداً زائداً Redundent.

ويطبق هذا المفهوم السابق نجد أن الخلايا التي يتم ملؤها تعبر عن المتغيرات الأساسية وأن الخلايا التي تظل فارغة تعبر عن المتغيرات غير الأساسية. وعلى ذلك فإن عدد الخلايا المملوءة يجب أن يساوي عدد القيود المؤثرة. ويتأمل القيود الموجودة في مشكلة النقل نجد أنها عبارة عن قيود طاقة (عندها هو عدد الصفوف) وقيود طلب (عندها هو عدد الأعمدة). وعلى ذلك فإن عدد القيود بصفة عامة في مشكلة النقل = عدد الصفوف + عدد الأعمدة. والسؤال الآن، هل كل هذه القيود تعد قيوداً مؤثرة؟ الإجابة هي بالنفي. فإذا كان لدينا قيود طاقة عندها (م) وقيود طلب عندها (ك) فإن تحقق القيود التي عندها (م + ك - 1) يضمن تلقائياً تحقق القيد (المعادلة) الذي رقمه (م + ك). ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى خاصية التوازن التي تتحقق في مشكلة النقل، وذلك كما يلي:

مجم قيود الطاقة (م قيود) = الطاقة الأممية.

ومجم قيود الطلب (ل قيود) = الطلب الإجمالي.

ونظراً لأن الطاقة الإجمالية = الطلب الإجمالي.

فإن ذلك يعني أن مجم قيود الطاقة (م قيود) = مجم قيود الطلب (ل قيود).

ومن هنا يمكن أن نفحص إلى أن هاتين المعادلتين متماثلتان Identical ويمكن الاستغناء عن أحدهما مع تحقق الشرط نفسه. وبذلك يكون لدينا معادلة زائدة وإن عدد القيود المؤثرة هو (م + ل - 1). وبناء على ذلك فإن عدد الخلايا المملوءة في أي حل من حلول مسألة النقل الممكنة يجب أن يكون معادلاً لعدد (الصفوف + الأعمدة - 1). ويجب التأكيد دائماً خلال مراحل الحل من تحقق هذا الشرط، حتى لا يحدث ما يسمى رياضياً بحالة عدم الانتظام Degeneracy. وسوف نعرض في هذا الجزء لكيفية الوصول إلى الحل المبني، معتمدين في ذلك على أكثر الطرق شيوعاً وهما طريقتا الركن الشمالي الشرقي وطريقة أقل التكلفة:

## 12- استخدام طريقة الركن الشمالي الشرقي Northeast Corner Rule

في تحديد الحل المبني:

وهذه هي أبسط الطرق الأربعة في تحديد حلاً مبدئياً. ويمكن تلخيص خطواتها فيما يلي:

1- ابداً في الركن الشمالي الشرقي (أعلى خلية على يمين جدول النقل) بوضع أكبر قيمة ممكنة أن تعطي للمتغير س<sub>11</sub> دون أن يخالف ذلك بشرط الطاقة والطلب. ويعني ذلك أن القيمة سوف تكون أقل القيمتين الموجودتين في آخر الصف (الطاقة) وفي آخر العمود (الطلب).

2- سوف يترتب على الخطوة السابقة إما استخدام كل الطاقة الموجودة في المصنع الموجود في الصف الأول أو الوفاء بالطلب اللازم بمركز التوزيع الموجود في العمود

من  $120 = 11$  من  $30 = 22$  من  $50 = 23$  من  $20 = 22$  من  $60 = 22$  وجهيهما مستقرات أساسية. أما الثلاثا الشارغة فتعني أن من  $11 = 21$  من  $22 = 12$  من  $23$  من  $30 = 22$  من  $50 = 23$  من  $60 = 22$  وجهيهما متغيرات غير أساسية وبالطبع فإن هذا الحل غالباً ما يكون جيداً جداً عن الحل الأمثل، فهذه الطريقة لا تأخذ تكاليف النقل في الحسبان عند تحديد التوزيع.

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة	المنطقة
بركة السبع	8	10	9	120
ممنهور	12	5	15	80
	30	50		
لبو حماد	7	14	9	80
		20	60	
المطاب	150	70	60	280

الجدول (م 3-2)  
العمل المبني لشركة الطوب الأسمنتي باستخدام  
طريقة الركن الشمالي الشرقي

12- طريقة أقل التكاليف The Least-Cost Method في تحديد الحل  
المبني:

تحاول هذه الطريقة أن تأخذ في الحسبان الهدف من حل مشكلة النقل، وهو تقليل التكاليف، عند تحديد الحل الملائم. ويكون ذلك عن طريق أن تراعي تكاليف نقل الوحدة عند تحديد أقصى عدد من الوحدات يجب وضعه في إحدى الخلايا ويمكن/يجباز خطوات هذه الطريقة فيما يلي:

- 1- حشد الخلية التي بها اقل تكلفة نقل للوحدة من بين كل الخلايا الموجودة في جدول النقل. ثم ضع بهذه الخلية أقصى عدد من الوحدات ممن الإجمالي لكل من قيود العرض والطلب في الصف والعمود. وفي حالة تعادل

الأول أو كليهما معا. فإذا كانت القيمة الموضوعية في خلية الركن الشمالي الشرقي قد أدت إلى استيعاب كل الطاقة فقط فإن ذلك يقضي باستبعاد هذا الصف تماما من أية عمليات أخرى وتعديل رقم الطلب في العمود بمقدار القيمة التي يتم الوفاء بها. أي يتم طرح القيمة الموضوعية في الخلية من القيمة الموجودة في أسفل العمود.

أما إذا كانت القيمة الموضوعة في خلية الركن الشمالي قد أدت إلى الوفاء بكل الطلب فقط، فإن ذلك يقضي باستبعاد هذا العمود تماماً من أية عمليات أخرى وتعديل رقم الطاقة في الصف بمقدار القيمة التي تم استخدامها. أي يتم طرح القيمة الموضوعة في الخلية من القيمة الموجودة في آخر الصف.

أما إذا كان الرقم الموضوع قد أدى إلى استيعاب كل العلاقة وكل الطلب اللازم للصف والعمود فإن ذلك يستلزم استبعاد كلاً من الصف والعمود من أية عمليات حسابية أخرى.

- 3- كرر الخطوات نفسها السابقة مع البلعة بالخلية التي تقع في الركن الشمالي الشرقي الممكنة إلى أن يتم استخدام كل العلاقات المتاحة وكذلك الوفاء بكل أرقام الطلب في مراكز التوزيع.

ويتصلبىق ذلك على مثال شركة الطوب الأسمنتي يكون لدينا الحل المبني التالي في الجدول (م3-2):

والذي يكون فيه عند الخلايا الملوثة = عند الصفوف + عند  
العمدة  $1 - 3 + 3 = 5$  وبالتالي فهو حل ممكن وبأساسي كما أن تكلفة الحل

$$(9)60 + (14)20 + (5)50 + (12)30 + (8)120 =$$

$$\text{Ans. } 2390 = 540 + 280 + 250 + 360 + 960 =$$

روزنامه اطلاعات



من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة	الطاقة
بركة السبع	8	10	9	120
دمنهور	12	5	15	80
أبو حماد	7	14	9	80
الطلب	150	70	60	280

الجدول (م3-3)  
الحل المبني لشركة الطوب الأسمنتي باستخدام  
طريقة أقل التكاليف

وبلاحظ على هذا الحل ما يلي:

- 1- هذا الحل ليس بالضرورة هو الحل المبني الذي توصفنا إليه باستخدام طريقة الركن الشمالي الشرقي. ولكنه مجرد حل مبني ممكن وأساسي.
- 2- تكلفة هذا الحل تعد أقل من تكلفة الحل المبني الذي توصفنا إليه باستخدام طريقة الركن الشمالي الشرقي وعادة ما تكون هذه هي النتيجة في معظم الحالات إلا أنها ليست بقاعدة عامة. فذلك أيضاً يتوقف على توزيع تكلفة نقل الوحدات داخل الخلايا.
- 3- إنه على الرغم من الميزة الأساسية لهذه الطريقة وهي أنها تأخذ التكلفة في الحسبان إلا أنه يعاب عليها بصفة أساسية أنه عند تطبيقها قد يؤدي اختيار خلية ذات تكلفة منخفضة إلى صعوبة اختيار خلية أخرى قد تكون أفضل من حيث التكلفة الكلية، ويرجع ذلك إلى استبعاد كل الصف أو كل العمود بسبب قيود الطاقة. ولذلك جاءت طريقة فوجال التقريرية للتغلب على طريقة حساب تكلفة الفرصة البهيلة Opportunity Cost.

التكاليف يتم اختيار أي من الخلايا دون قيد، وسوف يترتب على هذه الخطوة إما استبعاد كل الطاقة في أحد الصفوف أو الوفاء بكل الاحتياجات في أحد الأعمدة أو كلاهما معاً.

2- إذا كانت الخطوة السابقة قد أدت إلى استبعاد كل الصفوف، استبعد هذا الصف من أية عملية أخرى وهم بتعديل رقم الطلب بقصم الكمية التي تم الوفاء بها من القيمة الموجودة في أسفل العمود. أما إذا أدت الخطوة السابقة إلى الوفاء بكل الطلب في أحد الأعمدة فيجب استبعاد هذا العمود من أية عمليات أخرى وأن نقوم بتعديل رقم الطاقة بقصم الكمية التي تم استخدامها من القيمة الموجودة في آخر الصف. أما إذا أدت الخطوة السابقة إلى استبعاد كل الطاقة وكل الطلب في صف وعمود فيجب استبعاد كليهما من أية عمليات أخرى.

3- كرر الخطوات السابقة، باختيار الخلية المتاحة ذات التكلفة الأقل بعد عمل التعديل حسب الخطوة الثانية، وذلك إلى أن يتم استخدام كل الطاقات والوفاء بكل الاحتياجات المطلوبة.

ويتطابق ذلك على مثال شركة الطوب الأسمنتي نصل إلى الحل المبني في الجدول (2-3) والذي فيه عند الخلايا الملونة = عدد الصفوف + عدد الأعمدة - 1 = 5 وبالتالي فهو حل ممكن وأساسي، كما أن تكلفة الحل هي 2070 جنيه.

#### الخطوة الرابعة: اختبار مثالية الحل:

والفرض الأساسي لعملية اختبار مثالية الحل هو اختبار ما إذا كان الحل الذي بين أيدينا (الحل المبني أو أي حل آخر) يمكن أن يتحسن أو أنه يعتبر أفضل الحلول. وتتشابه الخطوات اللازمة لعمل الاختبار مع عملية اختبار مثالية الحل في ظل أسلوب السمبلكس. فنقوم أولاً بالتمييز بين المتغيرات الأساسية Basic والمتغيرات غير الأساسية Nonbasic. أما الأولى فهي كل المتغيرات الموجودة في خلايا مملوءة. والثانية فهي كل المتغيرات الموجودة في الخلايا الفارغة. ولكل خلية فارغة (متغير غير أساسي) نقوم بحساب أثر تحويل هذه الخلية إلى خلية مملوءة (متغير أساسي). وإذا كان التغير لأي من هذه الخلايا سوف يؤدي إلى تقليل تكاليف النقل (أو زيادة الأرباح في حال تعظيم الربح) فإن ذلك يعني أن الحل ليس أمثل ويجب البحث عن حل أفضل. أما إذا كان التغير سوف يؤدي إلى زيادة تكاليف النقل (أو تخفيض الأرباح في حالة تعظيم الربح) فإن ذلك يعني أن الحل الذي بين أيدينا هو الحل الأمثل.

وهناك طريقتان يمكن استخدام أي منهما في القيام بعملية الاختبار هذه، وهما: طريقة السير على الحجر وطريقة التوزيع المعدل، وسوف نتناول هنا الطريقة الأولى فقط.

#### طريقة السير على الحجر Stepping Stone Method<sup>(1)</sup>

وتهدف هذه الطريقة إلى تحقيق خطوتين، هما:

أ- اختبار مثالية الحل.

ب- تحسين الحل الحالي إذا لم يكن هو الحل الأمثل.

أما اختبار مثالية الحل فيتتم عن طريق القيام بما يلي لكل خلية فارغة.

(1) على الرغم من أن معظم الكتب العربية قد درجت على تسمية هذه الطريقة بطريقة الحجر المتكفل إلا أننا نرى أن هذه التسمية لا تعبر عن محتوى الطريقة. فالطريقة تقوم على أن الانتقال من خلية مملوءة إلى خلية مملوءة في أركان المسار يتشابه إلى حد كبير مع السير في مكان فيه ماء ولا يتم للسير إلا من حجر إلى حجر حتى نتجنب الوقوع في الماء A Stone on which to step in walking.

1- حدد مساراً مغلقاً لكل خلية فارغة. ويكون ذلك عن طريق البدء في الخلية الفارغة والتحرك في اتجاه عقارب الساعة (أو عكس اتجاه عقارب الساعة) إلى خلية مملوءة في الصف نفسه أو العمود. ثم بعد ذلك، تحرك رأسياً أو أفقياً (لا يجوز التحرك بزاوية) إلى خلية مملوءة أخرى، متخطياً بذلك خلايا مملوءة أو غير مملوءة إذا اقتضى الأمر ذلك دون تغيير هم.

اتبع الإجراء نفسه إلى خلية مملوءة أخرى إلى أن تصل مرة أخرى إلى الخلية الفارغة الأصلية التي بدأت بها، وبذلك، يكون المسار مغلقاً Closed Loop.

2- في كل نقطة ركنية على المسار، والتي تقع في خلية، ضع + أو - في شكل تتابعي. بمعنى أن أول المسار في الخلية الفارغة التي يتم تقييمها يوضع به +، ثم توضع - في الخلية الركنية التالية، ثم + في الخلية الركنية التالية، ... ، وهكذا. وبذلك فإن عدد إشارات الزائد سوف يعادل عدد إشارات الناقص بالنسبة لكل مسار. وعلى ذلك فإن عدد الخلايا التي تمر بها الأركان الخاصة بالمسار (نقط تغيير الاتجاه) سوف يكون دائماً زوجياً. وأقل عدد ممكن للنقط التي يتم فيها تغيير الاتجاه على المسار هو أربعة فقط. كذلك يجب أن يلاحظ أنه يمكن أن يتقاطع المسار مع نفسه بقصد جعله مساراً مغلقاً. كما وأن هناك قيوداً مهماً جداً يجب مراعاته وهو أن يكون هناك خلية واحدة في الصف أو العمود على المسار بها الإشارة (+) وخلية واحدة في الصف أو العمود على المسار بها إشارة سالبة (-) واحدة.

وهذا القيد الأخير يعد أساسياً حتى لا يتم إغفال أي من قيود الطلب والطاقة الموجودة في كل صف وعمود.

ولتطبيق هذه الخطوة على المثال الخاص بشركة الطوب الأسمنتية يجب ان نختار حلاً مبدئياً وليكن هو الحل الذي توصلنا إليه باستخدام طريقة الركن الشمالي

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة	الطابقة
بركة السبع	8	10	9	120
دمنهور	12	5	15	80
أبو حماد	7	14	9	80
المطلب	150	70	60	280

الجدول (م3-4)

الشرقي، والذي نعيد ذكره في الجدول (م3-4) والذي يتضح منه ان الخلايا الفارغة (المتفرقات غير الأساسية) الواجب تقييمها هي بركة السبع / الإسكندرية (خ21)، بركة السبع / المنصورة (خ21)، دمنهور / المنصورة (خ22)، أبو حماد / القاهرة (خ21). وسوف نحدد مساراً مطلقاً لكل خلية مع مراعاة الشروط السابقة كما يلي:

بركة السبع / الإسكندرية (خ21):

المسار هو خ21 <---- خ11 <---- خ12 <---- خ22  
(+) <---- (-) <---- (+) <---- (-)

بركة السبع / المنصورة (خ22):

المسار هو خ31 <---- خ11 <---- خ12 <---- خ22 <---- خ23  
33 <----  
(+) <---- (-) <---- (+) <---- (-) <---- (+)  
(-) <----

ويلاحظ على هذا المسار أننا قد تخطينا الخلية الفارغة خ21 وهذا أمر جائز، أما كل النقط الركنية فهي تقع في خلايا مملوءة وهذا أمر واجب. كذلك فإن اتجاه المسار هنا فهو اتجاه عقرب الساعة. ويتأمل عند الخلايا التي بها (+) أي التي بها إضافة نجد أنه مساوي لعدد الخلايا التي بها (-) ولذلك فإن المسار يعد مساراً مطلقاً. وعدد هذه الخلايا هو عدد زوجي = 6.

دمنهور / المنصورة (خ32):

المسار هو خ32 <---- خ22 <---- خ23 <---- خ33  
(-) <---- (-) <---- (+) <---- (-)

أبو حماد / القاهرة (خ13):

المسار هو خ13 <---- خ23 <---- خ22 <---- خ12  
(-) <---- (-) <---- (+) <---- (-)

والآن لدينا مقلقة لكل الخلايا الفارغة ولذلك ننتقل إلى الخطوة التالية.

3- حساب قيمة تعبر عن أثر ملء الخلية التي تم تقييمها بوحدة واحدة. وتعرف هذه القيمة بمقياس التقييم للخلية Cell evaluator. ويمثل الأثر الإجمالي المترتب على إضافة وحدة واحدة في الخلية الفارغة التي تم تقييمها. والوصول إلى هذه القيمة للخلية التي يتم تقييمها يكون عن طريق إضافة تكلفة نقل الوحدات الموجودة على المسار في الخلايا المناظرة. حتى يصير (+) عن إضافة وحدة إلى الخلية المناظرة وتصر (-) عن خصم وحدة من الخلية المناظرة. فعلى سبيل المثال لتحديد مقياس التقييم للخلية بركة السبع / الإسكندرية (خ21) نرجع إلى المسار والإشارات الموجودة كما يلي:  
- أضف وحدة للخلية خ21 ويرتب على ذلك زيادة التكاليف بمقدار 10 جنيه.  
- اطرح وحدة من الخلية خ11 ويرتب على ذلك تخفيض التكاليف بمقدار 8 جنيه.

- اشرح وحدة للخلية 12 وترتب على ذلك زيادة التكاليف بمقدار 12 جنيه.

- اشرح وحدة من الخلية 22 وترتب على ذلك تخفيض التكاليف بمقدار 5 جنيه.

ولذلك يكون الأثر النهائي هو  $9 = 5 - 12 + 8 - 10$  وهذا هو مقياس التقييم للخلية 21.

وبتكرار الخطوات نفسها تصل إلى التقييم التالي لباقي الخلايا الفارغة كما يلي:

$$خ_3 = 9 - 14 + 5 - 12 + 8 - 9 = 13$$

$$خ_{32} = 9 - 14 + 5 - 15 = 15$$

$$خ_{13} = 12 - 5 + 14 - 7 = 14$$

$$وكانت خ_{21} = 14 - 12 + 8 - 10 = 9$$

4- قارن كل مقاييس التقييم للخلايا. فإذا كانت كل الأرقام صفراً أو قيمة موجبة<sup>(1)</sup> فإن ذلك يعني أن الحل الحالي هو الحل الأمثل. أما إذا كانت هناك قيمة واحدة على الأقل سالبة فهي تعني ذلك أن هذا ليس هو الحل الأمثل ونحتاج إلى تعديل لهذا الحل، حيث يعني الرقم السالب أن التقييم سوف يحقق خفضاً في تكلفة النقل. وبتطبيق ذلك على المثال الحالي نجد أن مقياس التقييم للخلية  $خ_{12} = 14$  وهي قيمة سالبة ولذلك يجب تعديل الحل إلى حل أفضل.

**الخطوة الخامسة: تعديل الحل الحالي:**

**لتعديل الحل الحالي نقوم باتباع الخطوات التالية:**

1- إذا كان هناك أكثر من قيمة سالبة بين مقاييس التقييم للخلايا يتم اختيار الخلية ذات القيمة الأكثر سالبية. وتعني هذه الخطوة أن الخلية التي سوف

(1) في حالة تضارب الربح إذا كانت كل القيم صفراً أو قيمة سالبة فإن ذلك يعني أن الحل الحالي هو الحل الأمثل. كما أن وجود صفراً يعني إمكانية تغيير الحل للنهائي دون أن يؤثر ذلك على تكلفة النقل. نلاحظ أن هذه الحالة بحالة وجود أكثر من حل أمثل.

يتم اختيارها تعبر عن خلية تعد الآن خلية خاصة بمتغير غير أساسي ولكنها سوف تدخل الحل لتكون خلية مملوءة، أي لتصبح خاصة بمتغير أساسي. وطالما أننا قد اخترنا القيمة الأكبر سالبة فإننا نختار الأفضل لتعديل ممكن أن يتم بناءً على دالة الهدف وهي تخفيض التكلفة الإجمالية. وهذه الخطوة هي أشبه بخطوة تحديد المتغير الذي يدخل الحل في أسلوب السمبلكس.

وبتطبيق ذلك على المثال الحالي، نجد أننا لدينا قيمة سالبة واحدة. ولذلك ليس أمامنا بديل. فالمتغير الذي سيدخل الحل هو المتغير  $س_{12}$  والموجود في الخلية  $خ_{12}$ .

2- لتحديد أقصى كمية يمكن أن توضع في هذه الخلية، يتم الرجوع مرة أخرى إلى المسار المعلق الذي استخدم في تقييم هذه الخلية. ويتم تحديد القيم الموجودة على المسار في الخلايا الركنية التي بها إشارة سالبة. ثم نقوم باختيار أقل قيمة فيما بينها ونضعها في الخانة المملوءة الجديدة.

وفي المثال الحالي نجد أن مسار الخلية  $خ_{13}$  هو

$$خ_{13} < \dots < 23 < \dots < 22 < \dots < 13$$

$$(+)<\dots<(-)<\dots<(+)<\dots<(-)$$

والقيم في الأركان السالبة هي 20 وحدة في  $خ_{22}$  و 30 وحدة في  $خ_{12}$ .

وبمقارنة القيمتين يتضح أن القيمة الأقل وهي 20 هي التي يجب وضعها في الخلية  $خ_{13}$ . وتعني هذه الخطوة أن هناك متغيراً أساسياً جديداً هو  $س_{13}$  قيمته الآن تساوي 20 في الحل.

3- لتحديد الخلية التي يجب تفرغها، يجب عمل التعديل اللازم في كل المسار حتى نضمن استمرار تحقق التوازن في الصفوف والأعمدة. وتشبه هذه الخطوة خطوة تحديد المتغير الذي يخرج من الحل في أسلوب السمبلكس. فطالما أن هناك متغيراً غير أساسي أصبح متغيراً أساسياً يجب أن يخرج متغير

أساسي من العمل العالي. وذلك للحفاظ على شرط أن يكون عدد المتغيرات الأساسية مساوياً للقيمة (عدد الصفوف + عدد الأعمدة - 1) <sup>(1)</sup>.

ويعطى ذلك على المسار الخاص بهذه الخلية الجديدة نجد أنه يجب طرح ذات القيمة من الخلية 13، وإضافتها إلى الخلية 22، وطرحها من الخلية 27، وطرحها من الخلية 12. كما هو مبين في هذا الشكل المعلوم (2 - 3).

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية
دمهور	10	70
أبو حماد	20	

شكل (3-3)

وبذلك التعديل يكون الحل الجديد كما هو مبين في الجدول (3-4) والذي يتضح منه أن المتغيرات الأساسية هي:

$$س_{11}=120, س_{12}=20, س_{22}=70, س_{13}=20, س_{33}=60.$$

كما أن المتغيرات غير الأساسية هي:

$$س_{21}=س_{32}=س_{23}=صفر.$$

أما تكلفة الحل فيمكن حسابها كما يلي:

$$التكلفة الكلية للنقل = 120(8) + 10(12) + 70(5) + 60(9)$$

$$= 960 + 120 + 140 + 540$$

$$= 2110 \text{ جنيه.}$$

ويتضح من هذه القيمة أن الحل العالي قد ترتب عليه تخفيض التكاليف بما يعادل  $(2390 - 2110) = 280$  جنيه. ومن الواضح أن ذلك يمكن الوصول إليه مباشرة عن طريق حساب تكلفة الوفر نتيجة لإضافة عشرين وحدة في الخلية 13. فكل خلية يترتب عليها خفض قدره 14 جنيه كما أوضحنا عند تقييم الخلية. ولذلك فإن 20 وحدة من المفروض أن يترتب عليها وفر قدره  $20 \times 14 = 280$  جنيه.

الخطوة السادسة: كرر الخطوات نفسها الرابعة والخامسة:

أولاً: تقييم الخلايا الفارغة:

الخلية بركة السبع / الإسكندرية:

$$\text{المسار } 21 \text{ خ} \text{ --- } 11 \text{ خ} \text{ --- } 12 \text{ خ} \text{ --- } 22 \text{ خ}$$

$$\text{الإشارات } (+) \text{ --- } (-) \text{ --- } (-) \text{ --- } (+) \text{ --- } (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } +10 -8 +12 -5 =$$

الخلية بركة السبع / المنصورة:

$$\text{المسار } 31 \text{ خ} \text{ --- } 11 \text{ خ} \text{ --- } 13 \text{ خ} \text{ --- } 23 \text{ خ}$$

$$\text{الإشارات } (+) \text{ --- } (-) \text{ --- } (-) \text{ --- } (+) \text{ --- } (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } +9 -7 +8 -9 = 1$$

الخلية دمنهور / المنصورة:

$$\text{المسار } 32 \text{ خ} \text{ --- } 12 \text{ خ} \text{ --- } 13 \text{ خ} \text{ --- } 23 \text{ خ}$$

$$\text{الإشارات } (+) \text{ --- } (-) \text{ --- } (-) \text{ --- } (+) \text{ --- } (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } +15 -12 +7 -9 = 1$$

(1) قد يترتب على هذه الخطوة عدم تحقق هذا الشرط وسوف تتلخص ذلك فيما بعد.

(م3-5).

ويتضح من هذا الحل أن المتغيرات الأساسية هي:

$$س_{11}=60, س_{31}=60, س_{12}=10$$

$$س_{22}=70, س_{13}=80$$

أما المتغيرات غير الأساسية فهي:

$$س_{21}=س_{32}=س_{23}=س_{33}=صفر$$

$$وتكلفة هذا الحل = (7)80 + (5)70 + (12)10 + (9)60 + (8)60 =$$

$$560 + 350 + 120 + 540 + 480 =$$

$$2050 = \text{جنيه.}$$

وهذه القيمة تعد أقل من تكلفة الحل السابق بمقدار  $(2050 - 2110) = 60$

جنيه وهو عبارة عن إجمالي الوفرة نتيجة لإضافة 60 وحدة بالخلية خ31 حيث تحقق كل وحدة مضافة خفضاً قدره جنيه واحد كما أوضحنا عند تقييم هذه الخلية.

ثالثاً: تقييم الخلايا الفارغة:

الخلية بركة السبع / الإسكندرية:

$$\text{المسار } خ21 < \text{---} خ11 < \text{---} خ12 < \text{---} خ22$$

$$\text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } 9 = 5 + 12 - 8 - 10 +$$

الخلية دمنهور / المنصورة:

$$\text{المسار } خ32 < \text{---} خ31 < \text{---} خ11 < \text{---} خ12$$

$$\text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } 2 = 12 - 8 + 9 - 15 +$$

الخلية أبو حماد / الإسكندرية:

$$\text{المسار } خ23 < \text{---} خ22 < \text{---} خ12 < \text{---} خ13$$

$$\text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } 14 = 7 - 12 + 5 - 14 +$$

وتكون نتيجة تقييم الخلايا هي:

$$خ_{21}=9, خ_{31}=1, خ_{32}=1, خ_{23}=14.$$

ونظراً لوجود رقم سالب في تقييم الخلية خ31 فإنه يجب تعديل الحل وذلك بإدخال المتغير س31 في الحل. ويعني ذلك محاولة ملء الخلية أقصى عدد من الوحدات.

ثانياً: تعديل الحل الحالي:

لتحديد أقصى قيمة يمكن أن توضع في الخلية خ31، يتم حصر عدد الوحدات الموجودة في الأركان السالبة على مسار التقييم للخلية خ31. وهذه القيم هي في الخانة 11، خ33 وقيمتهما 60، 120 على التوالي. لذلك يكون للتعديل بإضافة أقل قيمة من بين هاتين القيمتين في الخلية خ31. وعمل التعديلات اللازمة لاختيار رأسياً لتحقيق توازن الطاقة والطلب في الصف والعمود. ولذلك يكون الحل الجديد كما في الجدول

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة	الطاقة
بركة السبع	8	10	9	120
دمنهور	12	5	15	80
أبو حماد	7	14	9	80
الطلب	150	70	60	280

الجدول (م3-5)

الحل الأمثل لشركة الطوب الأسمنتية

(م3-5).

ويتضح من هذا الحل أن المتغيرات الأساسية هي:

$$س_{11}=60, س_{31}=60, س_{12}=10$$

$$س_{22}=70, س_{13}=80$$

أما المتغيرات غير الأساسية فهي:

$$س_{21}=س_{32}=س_{23}=س_{33}=صفر$$

$$وتكلفة هذا الحل = 60(8) + 60(9) + 10(12) + 70(5) + 80(7)$$

$$= 480 + 540 + 120 + 350 + 560$$

$$= 2050 \text{ جنيه.}$$

وهذه القيمة تعد أقل من تكلفة الحل السابق بمقدار  $(2050 - 2110) = 60$  جنيه وهو عبارة عن إجمالي الوفرة نتيجة لإضافة 60 وحدة بالخلية خ<sub>31</sub> حيث تحقق كل وحدة مضافة خفصاً قدره جنيه واحد كما أوضحنا عند تقييم هذه الخلية.

ثالثاً: تقييم الخلايا الفارغة:

الخلية بركة الصنع / الإسكندرية:

$$\text{المسار } 21 \text{ خ} < \text{---} 11 \text{ خ} < \text{---} 12 \text{ خ} < \text{---} 22 \text{ خ}$$

$$\text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } 9 = 5 + 12 - 8 - 10$$

الخلية دمنهور / المنصورة:

$$\text{المسار } 32 \text{ خ} < \text{---} 31 \text{ خ} < \text{---} 11 \text{ خ} < \text{---} 12 \text{ خ}$$

$$\text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } 2 = 12 - 8 + 9 - 15$$

الخلية ليو حماد / الإسكندرية:

$$\text{المسار } 23 \text{ خ} < \text{---} 22 \text{ خ} < \text{---} 12 \text{ خ} < \text{---} 13 \text{ خ}$$

$$\text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-)$$

$$\text{مقياس التقييم } 14 = 7 - 12 + 5 - 14$$

وتكون نتيجة تقييم الخلايا هي:

$$\text{خ}_{21}=9, \text{خ}_{31}=1, \text{خ}_{32}=1, \text{خ}_{23}=14.$$

ونظراً لوجود رقم سالب في تقييم الخلية خ<sub>31</sub> فإنه يجب تحليل الحل وذلك بإدخال المتغير س<sub>31</sub> في الحل. ويعني ذلك محاولة ملء الخلية أقصى عدد من الوحدات.

ثانياً: تحليل الحل الحالي:

لتحديد أقصى قيمة يمكن أن توضع في الخلية خ<sub>31</sub>، يتم حصر عدد الوحدات الموجودة في الأركان السالبة على مسار التقييم للخلية خ<sub>31</sub>. وهذه القيم هي في الخانة خ<sub>11</sub> خ<sub>33</sub> وقيمتهما 60، 120 على التوالي. لذلك يكون للتمثيل بإضافة أقل قيمة من بين هاتين القيمتين في الخلية خ<sub>31</sub>. وعمل التعديلات اللازمة لتقريباً ورأسياً لتحقيق توازن الطاقة والمطلب في النصف والعمود. ولذلك يكون الحل الجديد كما في الجدول

من / إلى	القاهرة	الإسكندرية	المنصورة	الطاقة
بركة الصنع	8	10	9	120
دمنهور	12	5	15	80
ليو حماد	7	14	9	80
المطلب	150	70	60	280

الجدول (م3-5)

الحل الأمثل لشركة الطوب الأسمنتية

الخطية لـ أبو حماد / الإسكندرية:

$$\begin{aligned} & \text{المسار } 23 \text{ خ} < \text{---} 22 \text{ خ} < \text{---} 12 \text{ خ} < \text{---} 13 \text{ خ} \\ & \text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-) \\ & \text{مقياس التقييم } 14 = 7 - 12 + 5 - 14 + \end{aligned}$$

الخطية لـ أبو حماد / للقصورة:

$$\begin{aligned} & \text{المسار } 33 \text{ خ} < \text{---} 31 \text{ خ} < \text{---} 11 \text{ خ} < \text{---} 13 \text{ خ} \\ & \text{الإشارات } (+) < \text{---} (-) < \text{---} (+) < \text{---} (-) \\ & \text{مقياس التقييم } 1 = 7 - 8 + 9 - 9 + \end{aligned}$$

وتكون نتيجة تقييم الخلايا هي:

$$\text{خ}_{21} = 9, \text{خ}_{32} = 2, \text{خ}_{23} = 14, \text{خ}_{33} = 1.$$

وحيث أن كل لرقام التقييم قيم موجبة فإن ذلك يعني أن هذا هو الحل الأمثل.

ويترجم هذا الحل النهائي الأمثل في شكل قرارات في حالة شركة الطوب الأسمنتية،

يمكن أن يوضع كما يلي:

يتم إمداد عمليات البناء في القاهرة والتي تحتاج إلى 150 ألف وحدة يستين ألفاً من مصنع بركة السبع، وعشرة آلاف من مصنع دمنهور وثمانين ألفاً من مصنع أبو حماد. أما احتياجات مدينة الإسكندرية فيجب استيفاؤها بالكامل من مصنع مدينة دمنهور. كذلك فإن احتياجات مدينة المنصورة وهي ستون ألفاً فيتم نقلها إليها من مصنع مدينة بركة السبع.

وبهذه في نهاية هذا الحل أن نوضح أن طريقة السير في الحجر هي طريقة فعالة في حالة مشاكل النقل محدودة الحجم. أما بالنسبة لمشاكل التوزيع الكبيرة فإن طريقة التوزيع المعدل MODI في الوصول إلى الحل الأمثل هي التي يتضح عادة باستخدامها.

## □ حالة عدم التوازن في مشكلة النقل:

أوضحنا فيما سبق أن استخدام أسلوب النقل يقتضي أن تكون مشكلة النقل متوازنة. ويعني ذلك أن إجمالي الكميات المطلوب نقلها (الطاقات) يساوي تماماً إجمالي الكميات المطلوبة في مراكز التوزيع. ولذلك فإن القيام بعمل الموازنة يعد خطوة أساسية بالنسبة للمشاكل غير المتوازنة قبل إمكانية استخدام أسلوب النقل في حلها.

وقد ينجم عدم التوازن هذا عن زيادة الكميات المطلوب نقلها (الطاقات) عن الكميات اللازمة (الطلب)، أو بسبب زيادة الكميات اللازمة (الطلب) عن الكميات المطلوب نقلها (الطاقات). وسوف نعرض لتكيفية معالجة ذلك في الحالتين:

### 1- وجود طاقات أكبر من الطلب:

يوضح الجدول (م3-6) مثلاً على حالة عدم الانتظام، حيث يزيد إجمالي الطاقة المتاحة بمقدار 400 وحدة عن الطلب الإجمالي. وفي هذه الحالة سوف يكون هناك بالضرورة، في أي حل من الحلول، ما قيمته 400 وحدة لا يتم نقلها.

من \ إلى	ص	ص	ع	الطاقة
أ	2	3	1	2000
ب	4	2	4	1000
الطلب	80	1200	600	300 / 2400

جدول (م3-6)

حالة عدم التوازن (الطاقة < الطلب)

ومثل هذا الجدول يتم توازنه عن طريق إضافة ما يسمى بمركز التوزيع الوهمي والذي يعبر عن طلب وهمي لا يوجد أصلاً Dummy Demand، ويضاف له عمود جديد تكون القيمة الموجودة في آخره أسفل الجدول معادلة للفرق بين إجمالي الطاقة



أي خلية تقع على هذا الصف تكون دائماً مضطرب. ويرجع ذلك إلى أنه أصلاً لا يتم نقلها، فهي غير موجودة أصلاً في مراكز الإنتاج. والسبب بسيط، فمركز الإنتاج الجديد هو مركز وهمي.

ويظهر ذلك في الجدول (م3-9).

من	إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	2	3	1	1000	
ب	4	2	4	1100	
الطلب	800	1200	600	2100	2600

جدول (م3-8)

من	إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	2	3	1	1000	
ب	4	2	4	1100	
(وهمي)	مضطرب	مضطرب	مضطرب	500	
الطلب	800	1200	600	2600	

جدول (م3-9)

وعند إتمام الحل النهائي لهذه المشكلة، فإن القيمة التي تظهر في أي خلية من الصف الوهمي تعني أن ذلك عبارة عن عدد وحدات الطلب التي لم يتم الوفاء بها. ومثال ذلك إذا كانت س = 400 وحدة فإن ذلك يعني أن هناك 400 وحدة لم ولن يمكن أن يتم الوفاء بها لمركز التوزيع من. وذلك بسبب عجز طاقة الإنتاج عن تغطيتها.

وإجمالي الطلب وهو 400 وحدة، وتكلفة نقل الوحدة في أي خلية في هذا العمود الوهمي هي صفري. وهذه القيمة الصفري لا تسبب تفضيلاً لصدر معين على آخر أو تفضيلاً لمركز توزيع على آخر. ولكنها تسهل العمليات الحسابية. وتظهر المشكلة متوازنة في الجدول (م3-7). ثم يتم القيام بالحل بالخطوات نفسها التي أو ضحناها من قبل. وعند وجود قيمة في إحدى الخلايا الموجود في العمود الوهمي، فإن ذلك يعني أنها كميات من الطاقة سوف لا يتم نقلها، لأنه لا يوجد أصلاً هذا الطلب الوهمي. ومثال ذلك إذا كانت س = 200 تعادل 200 وحدة في أحد الحلول لهذا المثال فإن ذلك يعني أن المصنع (أ) سوف لا ينقل 200 وحدة من إنتاجه ولكنها سوف تظل في المصنع، وبالتالي فهي إما مخزونة أو طاقة غير مستغلة إذا لم يتم إنتاجها أصلاً.

من	إلى	س	ص	ع	(وهمي)	الطاقة
أ	2	3	1	2000	صفري	
ب	4	2	4	1000	صفري	
الطلب	80	1200	600	400	3000	

جدول (م3-7)

حالة عدم التوازن (الطاقة < الطلب) بعد توازنها

## 2- وجود طاقات أكبر من الطاقات المتاحة:

يوضح الجدول (م3-8) مثلاً على حالة عدم الانتظام، حيث يزيد إجمالي الطلب اللازم وقدره 2600 وحدة على إجمالي الطاقة المتاحة وقدرها 2100 وحدة. وفي هذه الحالة يكون من الضروري عمل التوازن عن طريق إضافة ما يسمى بالمركز الوهمي أو الطاقة الوهمية Dummy Source ويتم التعبير عنه بإضافة صف جديد تكون القيمة في آخره معادلة للفرق بين إجمالي الطلب وإجمالي الطاقة وقدره 500 وحدة في هذا المثال. وكما هو الحال عند إضافة عموداً وهمياً، فإن تكلفة نقل الوحدة في

## □ مشكلة عدم الانتظام :

إذا كان في مشكلة النقل  $m$  موقع من مواقع الإنتاج (المصادر) وفيها أيضاً  $k$  مركز من مراكز التسويق (المرآكز) فإن عدد القيود الخاصة بهذه المشكلة، كمسألة برمجة خطية يكون هو  $(m + k)$  وهو بالتتام (عدد الصفوف + عدد الأعمدة). ونظراً لأن استخدام أسلوب النقل يقتضي أن تكون مشكلة النقل متوازنة، حتى إذا تمت موازنة مصطنعة للمشكلة، فإن أحد هذه القيود سوف يكون قيداً زائداً Redundent كما أوضحنا في جزء سابق. وحيث إن عدد المتغيرات الأساسية يجب أن يعادل عدد القيود الفعالة عند حل المعادلات الخطية معاً، فإن عدد المتغيرات الأساسية يجب أن يساوي  $(m + k - 1)$ . وإذا كان عدد الخلايا المملوءة أقل من  $(m + k - 1)$  في أحد الحلول فإن هذه الحالة تعرف رياضياً بحالة عدم الانتظام Degeneracy.

وعملياً يمكن أن تظهر حالة عدم الانتظام في موقعين. أما الأول فهو عندما نقوم بعمل الحل المبني وذلك بسبب أن أحد أرقام الطاقة تساوي أحد أرقام الطلب. ومثال ذلك الجدول  $(3m - 10)$ ، والذي يوضح أن استخدام أسلوب الركن الشمالي الشرقي سوف يترتب عليه أن تملأ الخلية (اس) بالقيمة 90 مما يؤدي إلى استبعاد خلية وصف في الوقت ذاته. وقد أدى ذلك، وبعد اكتمال التوزيع إلى أن أصبح عدد الخلايا المملوءة هو 3 بدلاً من  $(4 = 1 - 3 + 2)$ .

من \ إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	3	4	2	90
ب	1	2	5	50
الطلب	90	30	20	140

جدول  $(3m - 10)$

كذلك أيضاً فإن حالة عدم الانتظام يمكن أن تظهر أثناء القيام بخطوة تحسين الحل الحالي. ويكون ذلك عندما تتعادل كميات الشئان أو أكثر من الخلايا التي يتم تفريغها (التي بها إشارة سالبة). فسوف يتم تفريغهم جميعاً في الوقت ذاته، على الرغم من أن الخلية التي يتم ملؤها هي واحدة فقط، وسوف يدخل ذلك بشرط عند المتغيرات الأساسية في حالة الانتظام.

ونظراً لأن الحل الذي يعاني من مشكلة عدم الانتظام لا يمكن اختيار مثاليته عن طريق الأساليب المعروضة سابقاً، فيجب عمل بعض التعديل قبل إمكانية الاستمرار في مثل هذه الحالة. وسوف نتناول كيفية المعالجة في الحالتين السابقتين في الجزء التالي، أولاً : عدم الانتظام يظهر خلال الحل المبني :

في هذه الحالة يكون التعديل اللازم في هذه بسيط، وسهل القيام به. ويتلخص في أن يتم وضع قيمة صغيرة جداً (قريبة القيمة من الصفر<sup>(1)</sup>)، ولتكن (ص) في واحدة (أو أكثر) من الخلايا الفارغة في الحل المبني، حتى يجعل ذلك عدد الخلايا المملوءة  $(m + k - 1)$ . والقاعدة الأفضل هي أنه في حالة تقليل التكاليف يتم وضع القيمة (ص) في الخلية الفارغة ذات تكلفة نقل الوحدة الأقل والتي تظل تسمح بإتمام اختبار مثالية الحل. فإذا كانت تركيبة الخلايا المملوءة بشكل يجعل من الصعب إجراء هذا الاختبار بعد أن وضعت (ص) في الخلية الأقل تكلفة وأصبح عدد الخلايا المملوءة  $(m + k - 1)$ ، فإن القيمة (ص) يجب استبعادها من هذه الخلية ووضعها في الخلية التي تلي الخلية الفارغة السابقة من حيث تكلفة النقل، ويجب أن نشير إلى أنه يمكن أن يوجد في جدول النقل أكثر من (ص) في وقت واحد للمساعدة في تقييم الخلايا. كما أنه بمجرد إضافتها يظل وجودها إلى أن لا تكون هناك حاجة إليها. وفي حالة تعظيم الربح تتم خطوات مشابهة مع أفضلية وضع (ص) في الخلية ذات الربح الأعلى للوحدة.

(1) هذه القيمة الصغيرة تعامل على أنها صفر عند سجليتها في تحريك عدد وحدات من خلية إلى أخرى، وتعامل دائماً في كل الخطوات على أنها خلية مملوءة.

يوضح الجدول (م3-11) حالة تقليل التكلفة والذي تظهر فيه مشكلة عدم الانتظام خلال الحل المبدئي باستخدام طريقة الركن الشمالي الشرقي، وعند محاولة القيام بتقييم الخلايا الفارغة، نجد أننا سوف نواجه مشكلة عدم الانتظام فالخلية (اص) يكون من الصعب عمل مسار مغلق لها حسب القواعد التي وضعناها من قبل للمسار المغلق. كذلك فإن الخلايا (اع)، (ن س) سوف تواجه المشكلة نفسها (تذكر أننا أوجبنا أن تكون أركان المسار جميعها في خلايا مملوءة، وبسبب النقص في عدد الخلايا المملوءة واجهتنا هذه المشكلة). وكما ذكرنا من قبل فإننا سوف نحاول وضع القيمة (ص) بشكل يسمح بالقيام بعملية التقييم، ولنحاول الآن الخلية (ن س) نظراً لأن بها أقل تكلفة نقل للوحدة من بين كل الخلايا الفارغة كما في الجدول التالي (م3-11).

من	إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	3	90	4	2	90
ب	1	مضفر	2	5	50
الطلب	90	30	20	140	

جدول (م3-11)

وبتأمل هذا الجدول نجد أنه بالإمكان القيام بعمل تقييم كل الخلايا الفارغة بناء على هذه الإضافة، وعلى اعتبار أن الخلية (ن س) أصبحت خلية مملوءة، كذلك فإن عدد الخلايا المملوءة الآن  $= (1 + 3 + 2) = 4$ .

تقييم الخلية (اص) هو (اص)  $< \dots < (اس) < \dots < (ب س)$   
 $< \dots < (ب ص)$

$$+4 - 1 + 3 - 2 = \text{صفر}$$

تقييم الخلية (اع) هو (اع)  $< \dots < (اس) < \dots < (ب س) < \dots < (ب ع)$

$$+2 - 1 + 3 - 5 = -4$$

ويعني ذلك أن هذا ليس هو الحل الأمثل ويتم تعديل الحل بملء الخلية (اع) بأقصى قيمة ممكنة وهي 20 وحدة. ويكون التعديل الواجب كما في الجدول (م3-12) والذي يلاحظ منه أن (ص) اختفت تلقائياً. وتم معاملتها على أنها صفر عندما تم إضافة 20 وحدة إليها لضمان شرط التوازن في الجدول. وعند تقييم الخلايا الفارغة (ا ص)، (ن ع) نجد أن نتيجة التقييم هي صفر، 5 على التوالي، حيث إن كليهما قيم موجبة فإن ذلك يعني أن الحل الذي بين أيدينا هو الحل الأمثل.

من	إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	3	70	4	2	90
ب	1	20	2	5	50
الطلب	90	30	20	140	

جدول (م3-12)

ثانياً: عدم الانتظام ظهر أثناء تعديل الحل:

ويقصد بذلك أن يترتب على تعديل الحل الحالي أن يتم تفرغ خليتين مع ملء خلية واحدة فقط. ويمكن التغلب على ذلك عن طريقة إضافة القيمة الصغرى (ص) في أحد الخلايا التي تم تفرغها، ويستمر الحل كالعتاد. فإذا كان الحل المبدئي (أو المرحلي) الذي أمامنا هو كما في الجدول (م3-13) والذي يتضح منه أننا أمام حل ممكن وأساسى نظراً لأن عدد الخلايا المملوءة  $= (1 + 2 + 3) = 4$ ، فتكون الخطوة التالية هي تقييم الخلايا كما يلي:

ويجاء على مثل هذه الخطوة أن عدد الخلايا المملوءة الآن ليس معادلاً للربعة، وعلى ذلك فإننا بذلك قد تسببنا في أن تكون المشكلة غير منتظمة. ولعلاج ذلك نقوم بوضع تلك القيمة الصغيرة (ص) في أي من الخانتين اللتين تم تفريغهما وهما (ب س)، (ب ص) ولتكن الخانة (ب س) هي التي يتم وضعها فيها كما في الجدول. وذلك وضع يمكننا من اختبار مثالية الحل مرة أخرى والاستمرار في الحل حتى آخره.

من / إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	3	4	2	50
ب	2	2	1	70
المطلب	50	30	40	120

جدول (م-3-13)

الخلية (أ ع):

المسار هو (أ ع) < --- (أ س) < --- (ب س) < --- (ب ع)

التقييم  $1 - 2 + 3 - 2 =$  صفر

الخلية (ب ص):

المسار هو (ب ص) < --- (أ ص) < --- (أ س) < --- (ب س)

التقييم  $1 - 2 + 3 - 4 =$  -2

ويعني ذلك أن الحل الحالي ليس هو الحل الأمثل ويجب التعديل. ويكون التعديل بإضافة وحدات إلى الخلية الفارغة (ب ص) بأقصى قدر ممكن، وأقصى قدر ممكن هو 30 وحدة. ولكن سوف يترتب على وضع 30 وحدة في هذه الخلية تفريغ الخلايا (أ س)، (ب ص) في الوقت ذاته حتى يتم الحفاظ على التوازن الراسي والأفقي كما هو واضح في الجدول (م-3-14).

من / إلى	س	ص	ع	الطاقة
أ	3	4	2	50
ب	2	2	1	70
المطلب	50	30	40	120

جدول (م-3-14)

### أسئلة للمراجعة

- 1- اذكر الأساليب الممكن استخدامها في الوصول إلى كل من الحل المبدئي والحل الأمثل في مشكلة النقل.
- 2- اشرح معنى أن تكون مشكلة النقل متوازنة، ما هي التعديلات الواجبة لتحقيق ذلك إذا لم يكن متحققاً؟
- 3- لماذا يجب أن يكون عدد الخلايا المملوءة مساوياً ل(عدد الصفوف + عدد الأعمدة - 1) عند استخدام أسلوب النقل؟
- 4- لماذا تعد طريقة الركن الشمالي الشرقي غير فعالة في تحديد الحل المبدئي؟
- 5- ما هي حالة عدم الانتظام؟
- 6- كيف يمكن معالجة حالة عدم الانتظام؟
- 7- اشرح درجة التشابه بين أسلوب السير على الحجر وطريقة السمبلكس في محاولة الوصول إلى الحل الأمثل؟
- 8- ما هي المداخل المختلفة لتحديد الحل المبدئي؟
- 9- ما هي البيانات اللازمة لاستخدام أسلوب النقل؟
- 10- هل من الممكن أن يحدث أن تكون هناك حاجة إلى إضافة صف وهمي وعمود للمشكلة نفسها؟ وضح إجابتك.
- 11- إذا كان الحل الحالي ليس حلاً أمثلاً،  
(أ) كيف تختار الخلية التي يجب أن يتم تحويل وحدات إليها؟  
(ب) كيف تقرر عدد الوحدات التي يتم نقلها؟
- 12- ما معنى الوحدات التي يتم تخصيصها في خلايا موجودة في الصف الوهمي أو العمود الوهمي في حل مشكلة النقل؟

### مسائل للتدريب

7- فيما يلي بيانات تكلفة نقل الوحدة بالجنيه وبيانات الطاقة والطلب بإحدى مشاكل النقل. أوجد الحل المبدئي والحل الأمثل لهذه المشكلة.

من \ إلى	س1	س2	س3	الطاقة
1م	5 جنيه	4	3	10
2م	7	2	5	20
3م	3	4	2	30
الطلب	10	28	22	60

2- أوجد الحل المبدئي باستخدام أسلوب الركن الشمالي الشرقي والحل الأمثل باستخدام أسلوب السير على الصعر لمشكلة النقل التالية، هل تعتقد أن أسلوب أقل التكلفة في الوصول إلى الحل المبدئي سوف يؤدي إلى اختلاف الحل الأمثل لهذه المشكلة؟ وضع ذلك رقمياً مع بيان الفارق الحقيقي بين طريقتي الركن الشمالي الشرقي وطريقة أقل التكلفة؟

من \ إلى	أ	ب	ج	د	الطاقة
1	4	7	7	1	100
2	12	3	8	8	200
3	18	10	16	5	150
الطلب	80	90	120	160	450

3- استخدم أسلوب الركن الشمالي الشرقي في الوصول إلى الحل المبدئي لمشكلة النقل التالية. وضع خطوات الحل تفصيلاً.

من \ إلى	س	ص	ع	و	الطاقة
أ	3	4	5	2	10
ب	4	5	7	6	14
ج	5	2	4	3	13
الطلب	8	7	8	12	

4- تتولى إحدى شركات المياه الفازية تشغيل ثلاثة مصانع لتعبئة المياه الفازية في المناطق 1، 2، 3 وذلك بطاقة إنتاجية قدرها 920، 860، 640 ألف جالون في الأسبوع على التوالي. وتتولى توزيع هذا المنتج في خمسة مراكز أساسية على مستوى الجمهورية هي أ، ب، ج، د، هـ. وكانت احتياجات هذه المراكز على التوالي هي 650، 430، 520، 730، 380 ألف جالون في الأسبوع. فإذا علمت أن مشكلة نقل الألف جالون من هذا المشروب هي كما في الجدول التالي بالجنيه.

من \ إلى	أ	ب	ج	د	هـ
1	12	11	13	17	18
2	22	16	14	15	19
3	14	23	21	25	12

(الطلب)

هو تحديد أفضل خطة توزيع بشكل يضمن تقليل تكاليف النقل الإجمالية إلى أقل حد ممكن.

5- أوجد الحل الذي يضمن تقليل تكلفة النقل إلى أقل حد ممكن لشبكة النقل التالية:

من \ إلى	1 <sup>م</sup>	2 <sup>م</sup>	3 <sup>م</sup>	الطاقة
1 <sup>م</sup>		7	4	36
2 <sup>م</sup>	3		2	42
3 <sup>م</sup>	6	4	8	58
المطلب	45	20	71	

## الفصل الرابع

### الترتيب الداخلي للموقع

#### Layout Decision

- مدخلات عملية تحديد الترتيب الداخلي .
- أنواع الترتيب الداخلي للموقع:
  - الترتيب على أساس المنتج Product Layout.
  - الترتيب على أساس العملية Process Layout.
  - الترتيب على أساس الموقع الثابت Fixed-Position Layout.
  - توليفة الترتيب الداخلي Mixes Layout.
- كيفية تفهم وتصميم خط الإنتاج في حالة الترتيب على أساس العملية:
  - مفهوم خط الإنتاج.
  - طاقة وكفاءة خط الإنتاج.
  - تصميم خط الإنتاج.
- كيفية تحديد المواقع الملائمة في حالة الترتيب على أساس العملية:
  - أسلوب الأحمال والمسافات.
  - أسلوب الأهمية النسبية لتجاور الموقع.
  - استخدام الكمبيوتر في تحديد أفضل المواقع.
- الأشكال الحديثة للترتيب الداخلي:
  - نظام خلية التصنيع Cellular Manufacturing.
  - تكنولوجيا المجموعات Group Technology.
  - نظم التصنيع المرنة Flexible Manufacturing.

## الفصل الرابع

### الترتيب الداخلي للموقع

#### Layout Decision

يتناول هذا الفصل إحدى القرارات المهمة في مجال تصميم العملية التحويلية والذي يتعلق بتحديد أنسب المواقع للملائمة للتجهيزات الإنتاجية والخدمية داخل الموقع الذي تم اختياره. وعادة ما يطلق على هذه العملية قرار اختيار التخطيط الداخلي للموقع Layout of Facilities.

وتجدر الإشارة منذ البداية إلى أن هذا القرار يتضمن عدة جوانب أهمها:

- 1- تحديد مواقع ومساحات الأماكن اللازمة لعمليات استلام وتخزين واستخدام ونقل المواد التي تلزم العملية الإنتاجية. ويتضمن ذلك وسائل المناولة الواجب استخدامها وعلاقتها بأماكن الإنتاج.
- 2- تحديد أماكن تخزين المواد تحت التشغيل Work-in-Process Inventory والتي قد توجد بين المراحل الإنتاجية المختلفة.
- 3- تحديد مواقع الأقسام الإنتاجية، وكذلك أقسام الخدمات مثل: الصيانة، الرقابة على الجودة، الكافتيريا، الإسعافات الأولية.
- 4- تحقيق التوازن في تدفق المواد خلال مراحل العملية الإنتاجية بشكل يضمن عدم وجود طاقات عاطلة.
- 5- تحديد أماكن تخزين المنتجات النهائية وكيفية نقلها إلى مراكز التوزيع. ومثال ذلك وجود خطوط للسكك الحديدية داخل موقع المصنع.

وتظهر الحاجة إلى اختيار الترتيب الملائم للموقع في عدة حالات منها: حالة تصميم وحدات إنتاجية جديدة، حالة التوسعات في الطاقة الحالية Capacity Expansion، أو عند إحلال تسهيلات جديدة مكان التسهيلات الحالية Capacity Displacement، أو عند إضافة سعة أو خدمة إلى خط الإنتاج، وكذلك عند ظهور طرق واساليب إنتاجية جديدة تستلزم عمل تعديل في الترتيب الداخلي الحالي.



وتتبع أهمية هذا القرار في كافة المنشآت الصناعية وفي منشآت تقديم الخدمات من تأثيره المباشر على كفاءة Efficiency استخدام الطاقة الإنتاجية المتاحة وعلى حسن تقديم الخدمة المرغوبة. فكثيراً ما يؤدي الترتيب غير المناسب إلى وجود اختناقات وتعطل في العملية الإنتاجية وإلى ضياع وقت كل من العاملين والتجهيزات الفنية. أما في منشآت تقديم الخدمات فمن المعروف أن التخطيط الداخلي غير السليم يترتب عليه بشكل مباشر تعهد الإجراءات وضياح وقت المترددين على جهات تقديم تلك الخدمات.

### □ مدخلات عملية تعديل الترتيب الداخلي:

أورد كل من Chase & Aquilaneo مجموعة من العوامل التي تؤثر في قرار اختيار الترتيب الأمثل للموقع. وهذه العوامل هي:

- 1- أهداف النظام الإنتاجي.
  - 2- حجم الطلب المتوقع على السلعة (السلع) أو الخدمة (الخدمات).
  - 3- متطلبات العملية الإنتاجية.
  - 4- مساحة المكان المخصص للمعالجة الإنتاجية.
- ويمكن القول بصفة عامة أن أهم الأهداف الشائعة للترتيب الداخلي المناسب كما أوردها Menipaz هي:

(أ) تخفيض نقاط الاختناق Bottlenecks التي تعوق حركة الأفراد أو المواد أو الآلات داخل الموقع.

(ب) تقليل تكلفة نقل ومناولة المواد إلى أقل حد ممكن.

(ج) تخفيض درجة الخطر التي يتعرض لها العاملون أثناء الإنتاج.

(د) تحقيق أعلى درجة انتفاع من جهود العاملين ومن التجهيزات الفنية.

(هـ) تحسين الروح المعنوية بين الأفراد.

(و) تحقيق أعلى نسبة استغلال للمساحات المتاحة بشكل فعال.

(ز) تحقيق نوع من الرونة وإتاحة الفرص لإمكانية التعديل.

(ح) تسهيل عملية الإشراف والمتابعة.

(ط) تسهيل عملية التنسيق الفعال بين الوحدات وإتاحة الفرصة للاتصال المباشر عند الحاجة إلى ذلك.

ومن الملاحظ أن هذه الأهداف تتبع بشكل مباشر من أهداف النظام الإنتاجي بصفة عامة والتي أوردها من قبل. سواء كان ذلك من حيث تحقيق أعلى قدر من الإنتاجية أو رضا المستهلك. كذلك فيجب الإشارة هنا إلى أن الأهمية النسبية لتلك الأهداف الفرعية السابقة قد تختلف من منشأة إلى أخرى. فعلى حين تمثل تكلفة المناولة والاحتفاظ بالمخزون بين المراحل المختلفة أهمية كبرى في الشركات الصناعية، فإن تكلفة انتظار المرضى وتكلفة تعطل الأطباء تمثل عنصراً أساسياً عند اختيار الترتيب الداخلي للملائم للمستشفيات.

أما العامل الثاني والذي يؤثر بشكل مباشر على نوع الترتيب الداخلي الذي يتم اختياره فهو حجم الطلب العالي والمتوقع في المستقبل على السلعة التي يتم إنتاجها أو الخدمة التي يتم تقديمها. وكذلك احتمالات التوسع في أنواع السلعة أو الخدمات التي تقدمها المنشأة. وينبع ذلك بشكل رئيسي من الاستراتيجية التي تعتمدها المنشأة فيما يتعلق بهذه الأمور الخاصة بالتوسع والتنوع. فمن الواضح أن وجود احتمالات التوسع وتقديم نوع جديد من الخدمة العلاجية سوف يؤثر بشكل مباشر على الترتيب الداخلي المحلي الذي يتم اختياره لمستشفى معين.

ويمثل نوع الصناعة ومتطلبات العملية الإنتاجية العامل الثالث الذي يؤثر في نوع الترتيب الداخلي الذي يتم اختياره. ويقصد بذلك مراحل الإنتاج اللازمة، نوع الآلات والمعدات، نوع المواد المستخدمة وخشبها من المنتج. فمن الواضح أن الترتيب الداخلي لمنشآت الخدمات يختلف بشكل تام عن الترتيب الداخلي للمنشآت الصناعية، كذلك فإن الترتيب الداخلي لمنشآت تقديم الخدمات الطبية (المستشفيات) يختلف عن الترتيب

الداخلي لمنتجات تقديم الخدمات الفنية والسياحية. ويرجع ذلك إلى اختلاف متطلبات عملية الإنتاج للسلعة أو الخدمة في العاليتين. كذلك فإن الترتيب الداخلي لشركات إنتاج الغزل والنسيج يختلف عنه في شركات تكرير البترول أو في شركات إنتاج السيارات والأجهزة المنزلية. ويرجع ذلك إلى اختلاف نوع الصناعة في كل حالة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن هناك عديداً من الأسس المختلفة التي تستخدم في تقسيم أنواع الصناعة وسوف نعرض أولاً لتقسيمها إلى أربعة أنواع أساسية هي:

#### (أ) الصناعة التحويلية Conditioning

وهي الصناعة التي تعتمد على تحويل مجموعة من المواد إلى مجموعة مختلفة من المنتجات النهائية التي قد يتم استخدامها بشكل مباشر أو يتم استخدامها كسلعة وسيطة تدخل في عملية إنتاجية أخرى. ومثال ذلك صناعة الغزل والنسيج والصناعات الغذائية.

#### (ب) الصناعة التجميعية Cynthetic

وهي الصناعة التي تقوم بإنتاج معين (أو عدة منتجات) عن طريق تجميع بعض المكونات خلال مراحل إنتاجية مختلفة. ومثال ذلك صناعة السيارات وصناعة الأجهزة المنزلية الكهربائية والإلكترونية.

#### (ج) الصناعة التحليلية Analytical

وهي الصناعة التي تقوم بعمل فني أو تكنولوجي على أحد المنتجات بقصد تحليله إلى عدة منتجات تختلف في مواصفاتها الفنية عن هذا المنتج الأصلي الذي تم استخدامها. مثال ذلك صناعة تكرير البترول.

#### (د) الصناعة الاستخراجية Extractive

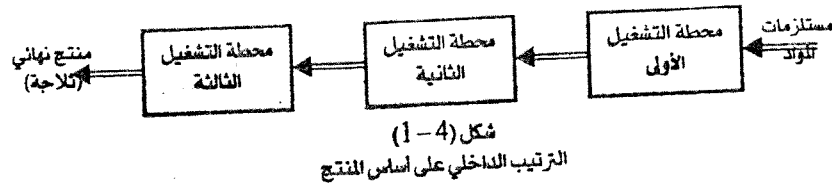
وهي الصناعة التي تقوم على مجرد استخراج بعض المواد من المصادر الطبيعية وجعلها بشكل يسمح لها بالاستخدام في مراحل أخرى. ومثال ذلك استخراج المعادن وعمليات صناعة الأخشاب.

وعلى الرغم من أهمية هذا التقسيم السابق إلا أنه، أولاً، من الصعب تبويب عمليات تقديم الخدمة في هذا الإطار، وثانياً، يهمل التشابه بين العمليات الإنتاجية الموجودة بين بعض تلك الأنواع المختلفة من الصناعات. مثال ذلك التشابه بين عملية تكرير البترول وعملية إنتاج الأسمدة وصناعة إنتاج الورق. فعلى الرغم من أن الأولى تعد صناعة تحليلية إلا أن الثانية صناعة تجميعية والثالثة صناعة تحويلية. إلا أن كل منها تعد نظاماً إنتاجياً مستمراً Continuous ذات تدفق دائم للمواد خلال مراحل العملية الإنتاجية. وعلى ذلك فهناك تقسيم آخر يجمع كافة العمليات الإنتاجية (صناعية وغير صناعية) ويغيد بشكل كبير في قرار الترتيب الداخلي للموقع نظراً لتشابه العملية الإنتاجية في كل مجموعة. ويوضح الجدول التالي خصائص هذا التقسيم. وسوف نعلم فيما بعد على هذا التقسيم في تحديد أنواع الترتيب الداخلي.

#### أنواع العمليات الإنتاجية

نوع العمليات	في مجال الصناعة	في مجال الخدمات
مشروع، Project يتكون من مجموعة من الأنشطة وله مدة طويلة وحجم إنتاج محدود.	أمثلة، بناء كوبري، مدرسة، مستشفى، منزل.	أمثلة، القيام بالدراسات وتقديم الاستشارات.
إنتاج وحدة Unit أو فلاحية Batch، يستلزم مجموعة من الأنشطة لكل منها مدة محدودة وينتج عدد محدود من الوحدات حسب المواصفات التي يطلبها العميل.	إنتاج الطلبات والأوامر Job Shop، أمثلة، إنتاج الأثاث، إنتاج للعلبات الصناعية.	خدمات شخصية Custom Services، أمثلة، الخدمة الطبية، تنظيف السجاد، تسليم السيارات.
إنتاج كبير Mass Production، يستلزم مجموعة من الأنشطة لكل منها مدة محدودة وينتج عدد كبير من الوحدات ويقدم سلع وخدمات مغطاة.	الإنتاج النمطي Repetitive Manufacturing، أمثلة، إنتاج السيارات، إنتاج التلاحيات، إنتاج الأدوات الكهربائية.	خدمات معيارية Standard Service، أمثلة، العسك الحديدية، النقل العام، محلات الوجبات النمطية (ماكدونالدز).
إنتاج العمليات Process Activities، التشغيل المستمر والتدفق لادة متجانسة.	عمليات الإنتاج المستمر Continuous Operations، أمثلة، إنتاج الكيماويات، إنتاج الأسمدة، تكرير البترول، مطاحن دقيق، تصنيع الورق.	

وتجدر الإشارة هنا إلى أن ذلك لا يعني بالضرورة أن يتم إدخال كل مستلزمات المواد في أول الخط الإنتاجي. فمن الشائع أن يتم إدخال تلك المواد والمكونات عن طريق نظام للإمداد يضمن توافرها عند مراحل الإنتاج اللازمة لها (ليس قبل وليس بعد)؛ مثال ذلك إمداد محطة التشغيل الثانية في الشكل (4 - 1) بموتور الخلاعة.



كذلك فإن التدفق المستمر لخط الإنتاج يعني أن كل وحدة يتم إنتاجها يجب أن تمر على جميع النقاط الإنتاجية (محطات التشغيل). وذلك يرجع بشكل أساسي إلى أن هذا النوع من الإنتاج يكون إنتاجاً متطياً أو تكون المواصفات المسموح بها في حدود نمطية أيضاً. وعادة ما يطلق على هذا النوع من الترتيب في صناعات التجميع اصطلاح خط التجميع Assembly Line. وفي ظل هذا النوع من الترتيب يتم تخصيص خط مستقل لكل منتج، وعلى ذلك فإنه يسمح بوجود آلات متشابهة على الخطوط المختلفة للإنتاج. فقد يكون هناك آلة لتخريم الصاج على خط إنتاج التلاجة، وآلة أخرى مشابهة على خط إنتاج التليفزيون. ومن الأمثلة الشائعة على هذا النوع من الترتيب: صناعة تجميع السيارات، صناعة تعبئة وحفظ المواد الغذائية، وصناعة الأجهزة الكهربائية المنزلية.

شروط استخدام الترتيب الداخلي على أساس المنتج:

حتى يمكن استخدام فكرة الترتيب الداخلي حسب المنتج (خط التجميع) فإنه يجب توافر عدة عوامل أهمها:

أما العامل الأخير والذي يؤثر في كثير من الحالات على نوع الترتيب الداخلي الذي يتم اختياره فهو مقدار المساحة المتاحة للموقع الذي يتم ترتيبه. وبصفة خاصة إذا كانت هناك بعض المباني الموجودة فعلاً في الموقع والتي يصعب التخلص منها. وجدير بالذكر أن قرار الترتيب الداخلي من المفروض أن يسبق وجود مثل هذه الإنشاءات وإلا يصعب ذلك من وجود ترتيب جيد. ومثال ذلك أحد الجراجات الأرضية الذي تم إقامته مؤخراً في مدينة الإسكندرية، فالمباني الحالية للجراج تستلزم أن يقوم قائد السيارة بالسير أولاً إلى المكتب لتفحص تكلفة الانتظار في الجراج قبل أن يسمح له بالخروج، علماً بأن ذلك نادراً ما يحدث في مثل هذا النوع من الجراجات الذي يقوم على فكرة أن يقوم قائد السيارة لتفحص أثناء خروجه وهو موجود داخل سيارته.

### أنواع الترتيب الداخلي للموقع:

اعتماداً على تقسيم أنواع العمليات الإنتاجية حسب شكل التدفق والسابق الإشارة إليه عالياً، يمكن القول بأن هناك أربعة أنواع أساسية للترتيب الداخلي وهي:

- 1- الترتيب على أساس المنتج Product Layout.
- 2- الترتيب على أساس العملية Process Layout.
- 3- الترتيب على أساس الموقع الثابت للمنتج Fixed-Position Layout.
- 4- توليفة الترتيب الداخلي Mixes Layout.

وسوف نتناول كل منها بالإيضاح.

### أولاً: الترتيب على أساس المنتج: Product Layout:

وهو النوع الذي يتم في ظله ترتيب مكونات وتسهيلات Facilities العملية الإنتاجية طبقاً للتتابع الخطوات التي يتم بها إنتاج منتج محدد. وعلى ذلك فإن تدفق المواد يكون في شكل خط Line مخصص لإنتاج منتج محدد، يبدأ بالمدخلات من المواد وينتهي عند نقطة إنتاج المنتج النهائي. ويوضح الشكل التالي مثلاً على هذا النوع من الترتيب:

(1) ان يكون هناك طلب كبير على المنتج بشكل يسمح بوجود حجم إنتاج كبير، حتى يمكن استغلال طاقة الخط بدرجة معقولة.

(2) ان يكون المنتج موطياً (موحد المواصفات) أو ان يسمح بالتغير في حدود نمطية. ومثال ذلك السماح بوجود اختلافات في لون السيارة الخارجي أو لون الفرش الداخلي ولكن في حدود مجموعة من الألوان التي يسمح الوكيل للعميل بالاختيار من بينها.

(3) ان يكون هناك طلب مستقر إلى حد ما على المنتج والا يتسم ذلك الطلب بالموسمية العادية، حيث سوف يترتب على ذلك ارتفاع كبير في تكلفة تخزين المنتج النهائي.

(4) ان يكون من الممكن تغيير اجزاء المنتج بسهولة Part Interchange ability. حيث يتضح ذلك في صناعة تجميع السيارات والتي تعمل على توافر قطع غيار نمطية يمكن إحلالها محل الأجزاء التي ينتهي عمرها الإنتاجي.

(5) ضمان استمرار توافر المواد والأجزاء اللازمة للعملية الإنتاجية.

عوامل الترتيب الداخلي على أساس المنتج:

(1) وجود وسائل مناولة آلية على سيور بين محطات التشغيل المختلفة.

(2) وجود حجم محدود جداً من المخزون تحت التشغيل Work-in-Process بين المراحل الإنتاجية المختلفة، بل أصبح من المستهدف الآن ان يختفي تماماً هذا المخزون Zero-inventory.

(3) تحكم آلي في سرعة خط الإنتاج، سواء كان ذلك بشكل جزئي أو بشكل كلي.

(4) الاعتماد على عمالة متخصصة جداً ونصف ماهرة Semi-Skilled في العملية الإنتاجية.

(5) الاعتماد على عمالة عالية المهارة والتخصص في عمليات الصيانة والإصلاح لخط الإنتاج.

(6) وجود حاجة محدودة إلى عمليات تخطيط وجدولة الإنتاج التفصيلية.

(7) استخدام آلات متخصصة بشكل مرتفع، وليس لها مرونة في استخدامها في أغراض أخرى.

(8) تدخل وتكامل عمليات الفحص والرقابة على الجودة مع خط الإنتاج ذاته.

(9) وجود تلفق ثابت لكل الوحدات المنتجة.

مزايا الترتيب الداخلي على أساس المنتج:

عندما تتوافر الشروط التي يجب معها استخدام أسلوب الترتيب الداخلي حسب المنتج فإنه من المتوقع أن يحقق النتائج الجيدة التالية:

1- تخفيض تكلفة مناولة المواد.

2- تخفيض تكلفة الاحتفاظ بالمخزون من المواد نصف المصنعة.

3- الحاجة إلى مساحات أقل للعملية الإنتاجية.

4- البساطة في التحكم في سرعة تلفق العملية الإنتاجية.

5- الحاجة إلى أقل قدر من الإشراف.

عيوب الترتيب الداخلي على أساس المنتج:

1- الحاجة إلى خط إنتاج كامل جديد عند الاستغلال الكامل لطاقة الخط الحالي.

2- عدم المرونة في استغلال طاقة الخط لإنتاج سلع أخرى.

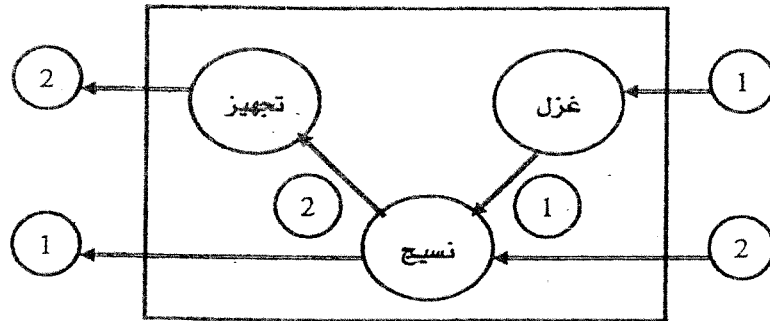
3- خطورة توقف إحدى المراحل الإنتاجية، حيث سوف يؤدي ذلك إلى توقف خط الإنتاج بالكامل.

4- احتمال وجود الملل لدى العاملين نظراً للقيام بعمل روتيني متكرر.



شكل (4-2)  
الترتيب على أساس العملية في أحد المكتبات

ويعني ذلك أن المترددين على المكتبة يسمح بأن يكون لهم تحركات مختلفة داخل المكتبة. فقد يقوم طالب باستخدام قسم أرفف الكتب والاستعارة فقط، بينما يقوم طالب آخر باستخدام قسم المجلات والدوريات وحجرة التصوير، ويوضح الشكل التالي هذا النوع من الترتيب في حالة شركات الغزل والنسيج.



شكل (4-3)  
الترتيب على أساس العملية في إحدى شركات الغزل والنسيج

حيث قد تكون هناك طلبية لمنشأة تقتضى القيام بعملية الغزل والنسيج فقط (طلبية رقم 1)) بينما قد ترسل إحدى الشركات إلى شركة الغزل والنسيج كمية من الغزل وتطلب منها القيام بعملية النسيج والتجهيز عليها (طلبية رقم 2)).

مشكلة الترتيب الداخلي في حالة الترتيب على أساس المنتج:

طالباً أن هناك تنابع محدد فني للعمليات الإنتاجية اللازمة لإنتاج سلعة أو خدمة معينة، والتي تم وضعها في شكل خط إنتاجي، فإن المشكلة الرئيسية التي تواجه القائمين على إدارة العملية التحويلية تكون هي:

كيفية تصميم خط الإنتاج بشكل يضمن تحقيق التوازن بين محطات التشغيل حتى يمكن الاستغلال الأمثل للطاقة المتاحة على الخط

وتعرف هذه المشكلة عند التصميم بأنها مشكلة توازن خط الإنتاج  
Assembly Line Balancing Problem

وسوف نتعرض لها في جزء لاحق من هذا الفصل.

ثانياً: الترتيب على أساس العملية: Process Layout:

وهو النوع من الترتيب الذي يتم فيه تجميع الآلات والتسهيلات المتشابهة والتي تؤدي الوظيفة نفسها في موقع واحد (آلات الغزل توجد في وحدة مستقلة، آلات النسيج في وحدة مستقلة)، وذلك بغض النظر عن نوع المنتجات التي سوف تقوم تلك الوحدة بإنتاجها. وعادة ما يتبع هذا النوع من الترتيب الداخلي في حالة عدم تنميط تنفق المواد اللازمة للمنتجات المختلفة، ويكون ذلك في حالة إنتاج الأواسر في الورش Top Shop أو في المستشفيات. حيث تقوم المستشفيات بتجميع معدات النسج في قسم واحد. كذلك فإن البنوك عادة ما تقوم بترتيب العمليات في البنك حسب نوع العملية، فهناك قسم الاقتراض، وقسم صرف وإيداع الشيكات، وقسم صرف وإيداعات النقدية، وقسم فتح الحسابات والاستعلام عن الحسابات، بالإضافة إلى أقسام التحويلات الخارجية. ويوضح الشكل التالي مثالاً على الترتيب على أساس العملية والذي عادة ما يتبع في المكتبات.

ويعني ذلك أن هذا النوع من الترتيب يكون ملائماً في حالة وجود إنتاج الأوامر والطلبات والتي تختلف مواصفاتها.

شروط استخدام الترتيب الداخلي على أساس العملية:

عادة ما يفضل استخدام الترتيب على أساس العملية في الحالات التالية:

(1) التنوع في مواصفات الأوامر والطلبات التي ترد للوحدة الإنتاجية واختلاف تخطيطها بين العمليات المختلفة حسب مواصفاتها.

(2) انخفاض حجم الإنتاج في العملية الواحدة.

(3) عندما يكون هناك حاجة إلى استخدام الآلة نفسها لطلبيتين أو أكثر.

خصائص الترتيب الداخلي على أساس العملية:

(1) استخدام آلات ومعدات عامة متصلة الأغراض، فيمكن لألات الغزل المستخدمة تشغيلها بطريقة بسيطة لتغيير سمك الغزل الواجب إنتاجه وحسب نوع الشيوحة المستخدمة.

(2) الاعتماد على عمالة كثيفة وذات مهارة متميزة.

(3) تغيير جداول التشغيل بشكل متكرر حسب أنواع الطلبات الواردة وتعقد عملية الجدولة نتيجة لاستخدام الأوامر للوحدة الإنتاجية نفسها.

(4) وجود تدفق مختلف ومتنوع حسب مواصفات الأمر الإنتاجي.

مزايا الترتيب الداخلي على أساس العملية:

عندما يتم استخدام أسلوب الترتيب الداخلي على أساس العملية في ظروفه

الملائمة فإنه يحقق المزايا التالية:

(1) المرونة في استخدام الأفراد والآلات.

(2) انخفاض تكلفة إعداد وتجهيز Set up الآلات والتسهيلات للقيام بإنتاج الطلبات المختلفة المواصفات.

(3) منع حدوث ازدواج في وجود آلات ومعدات متشابهة في أكثر من قسم، وذلك يسهل إمكانية الرقابة عليها.

(4) عدم توقف التشغيل في الأقسام المختلفة على بعضها البعض بشكل مباشر كما في حالة خط الإنتاج.

عيوب الترتيب الداخلي على أساس العملية:

على الرغم من المزايا العديدة لاستخدام أساس العملية في الترتيب الداخلي فإن هناك بعض العيوب الواجب التغلب عليها وهي:

(1) وجود قدر كبير من المخزون من المواد النصف مصنوعة والمتواجدة بين مراحل الإنتاج المختلفة.

(2) عدم إمكانية استخدام أساليب المناولة الميكانيكية للتقدم.

(3) الحاجة إلى إشراف دقيق ومباشر، وبالتالي انخفاض نطاق الإشراف.

(4) صعوبة تتبع استخدام المواد في المراحل المختلفة للعملية الإنتاجية.

مشكلة الترتيب الداخلي في حالة الترتيب الداخلي على أساس العملية:

نظراً لإمكانية استخدام القسم الإنتاجي نفسه لإنتاج أكثر من نوع من الطلبات أو الأوامر، ونظراً لاختلاف شكل التلحق الذي يأخذ كل أمر إنتاجي داخل النظام الإنتاجي، فإن المشكلة الرئيسية التي تواجه المصنمين على إدارة العملية التحويلية في هذه الحالة تكون هي:

كيفية تحديد أفضل المواقع للأقسام الإنتاجية المختلفة بشكل يضمن تخفيض تكلفة التلحق بين الأقسام إلى أقل حد ممكن

وسوف نتناول هذه المشكلة بشيء من التفصيل في جزء لاحق.

### ثالثاً : الترتيب على أساس الموقع الثابت : Fixed Position Layout :

وفي هذه الحالة يكون المنتج في موقع ثابت، بينما يتم إحصار الآلات والعدد والمعدات والمالة والمواد اللآزمين له للقيام بالعملية الإنتاجية. ومثال ذلك عملية بناء طائرة، أو غواصة، أو سفينة، أو كوبري. ويتسم الإنتاج في هذه الحالة بأن عدد الوحدات المطلوبة يكون صغيراً جداً (عادة وحدة) ولكن ذا مواصفات خاصة Project، وليس في هذه الحالة أي نوع من التدفق لمواد خلال العملية الإنتاجية. ونظراً لاختلاف المواصفات من حالة إلى أخرى فإن هذا النوع من الإنتاج يحتاج إلى مهارة عالية متخصصة.

#### مشكلة الترتيب الداخلي في حالة إنتاج الموقع الثابت :

نظراً لعدم وجود تدفق، وضرورة الحاجة إلى إنجاز أكثر من نشاط في الموقع الإنتاجي نفسه الثابت فإن المشكلة الرئيسية في هذه الحالة تكون:

كيفية التنسيق بين الأنشطة المختلفة بشكل يضمن تقليل وقت إنجاز المشروع إلى أقل وقت ممكن وبتكلفة ملائمة

ولتحقيق ذلك تستخدم عدة أساليب، عادة ما تعرض في مقررات الطرق الكمية، تعرف بأساليب تحليل شبكات الأعمال PERT/CPM.

#### رابعاً : توليفة الترتيب الداخلي :

على الرغم من أننا عالجنا أنواع الترتيب الداخلي في ثلاثة أشكال مستقلة، إلا أنه من الشائع أن يكون الترتيب الداخلي الفعلي لكثير من أنواع الأنشطة في شكل توليفة من تلك الأشكال حتى يمكن تحقيق عدة مزايا وبشكل يلائم العملية الإنتاجية. فعلى سبيل المثال، تستخدم المستشفيات أساساً الترتيب على أساس العملية حينما تقوم بإنشاء أقسام علاجية مختلفة. ولكنها داخل القسم الواحد تعتمد في الغالب على الترتيب على أساس الموقع الثابت. فعند إجراء جراحة لمريض يتم تجميع كل التسهيلات الإنتاجية (الأجهزة، الأطباء، الممرضات) في موقع إجراء الجراحة. والعكس صحيح،

فكثير من شركات إنتاج الأجهزة والمعدات التي تستخدم الترتيب على أساس المنتج كما في حالة خط التجميع يكون لديها ورش للصيانة عادة ما يكون ترتيبها الداخلي على أساس العملية. كما أن صيانة الأجهزة الثقيلة بها تكون على أساس الموقع الثابت.

### □ كيفية تفهم وتصميم خط الإنتاج في حالة الترتيب على أساس المنتج :

#### مفهوم خط الإنتاج Assembly Line :

حتى يمكننا القيام بعملية تصميم خط الإنتاج يجب أولاً التعرف على ماهية هذا الخط ومكوناته وبعض المفاهيم الأساسية المرتبطة بخط الإنتاج. فحتى يمكن إنتاج إحدى السلع لابد من القيام ببعض الأنشطة Activities أو الأعمال Tasks أو العناصر Elements اللازمة منذ بداية وحتى إتمام عملية الإنتاج. وعادة ما يقوم مهندسو الزمن والحركة بتحديد هذه العناصر والوقت اللازم لكل منها، وبذلك يمكن التوصل إلى إجمالي الوقت اللازم لإنتاج وحدة من السلعة، والذي يعرف كما يلي:

مجموع وقت العناصر (الأنشطة) اللازمة للوحدة = مج (ت) لكل قيم ع، وذلك على أساس أن (ت) هو الوقت اللازم للقيام بالعنصر ع ومثال التالي:

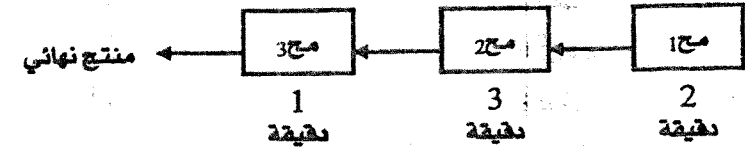
العناصر	ا	ب	جـ	د	هـ	و	ز
الوقت اللازم (بالثانية)	40	30	50	80	100	20	40

وفي هذه الحالة فإن مجموع وقت العناصر (الأنشطة) اللازمة للوحدة

$$= \text{مج (ت) ع} = 360 \text{ ثانية} = 6 \text{ دقيقة}$$

ونظراً لاستحالة وجود مركز إنتاجي مستقل لكل عنصر - فعند العناصر عادة ما يكون بالآلاف - ورغبة في تحقيق استفادة أكبر لتلك المراكز الإنتاجية، واعتماداً على حقيقة اختلاف التتابع الفني لتلك العناصر فإنه عادة ما يتم إنشاء مركز إنتاجي يتولى القيام بمجموعة من العناصر. ويطلق على هذا المركز اصطلاحاً "محطة تشغيل Work Station". وعلى ذلك فإن كل محطة تشغيل Work Station يوكل إليها مجموعة من العناصر أو الأنشطة (بالصلع في ظل قيود معينة سوف نتعرف عليها فيما بعد).

دعنا الآن نفترض أن العناصر (أ، ب، ج) قد تم تخصيصها على محطة التشغيل الأولى، والعناصر (د، هـ) تم تجميعهما في محطة التشغيل الثانية، أما العناصر (و، ز) فقد تم وضعهما في محطة التشغيل الثالثة. وعلى ذلك فإن شكل الخط يصبح كما يلي:



ومن الواضح الآن أن:

مجموع الوقت المخصص لمحطات التشغيل

$$= 1 + 3 + 2 = 6 \text{ دقيقة}$$

دعنا الآن نعلق أكثر في هذا الخط لنحدد ما يعرف بإنتاجية الخط أو معدل الإنتاج. طالما أن هذه المحطات مرتبطة ببعضها فإن النظرة السريعة توضح أن سرعة الخط سوف ترتبط بأبطأ المحطات عليه. وهي في هذه الحالة المحطة الثانية، حيث تحتاج إلى ثلاث دقائق للقيام بنصيبها في تشغيل الوحدة المنتجة. وعلى ذلك فإن سرعة ذلك الخط سوف تكون وحدة كل ثلاث دقائق.

لإيضاح ذلك دعنا نأخذ مثال رقمي كما في الجدول التالي،

وحدات الإنتاج	مح 1 وقت البدء وقت الانتهاء	مح 2 وقت البدء وقت الانتهاء	مح 3 وقت البدء وقت الانتهاء	وقت الدورة (سرعة الخط)
الوحدة الأولى	ق 00 7 02	ق 02 7 05	ق 05 7 06	3 ق
الوحدة الثانية	ق 02 7 04	ق 05 7 08	ق 08 7 09	3 ق
الوحدة الثالثة	ق 04 7 06	ق 08 7 11	ق 11 7 12	3 ق
الوحدة الرابعة	ق 06 7 08	ق 11 7 14	ق 14 7 15	

وبلاحظ على هذا الجدول،

1- أن الفترة التي تنقضي قبل الحصول على وحدة تامة الصنع من الخط ثابتة وهي 3 دقائق. فيتم استلام الوحدة الأولى من الخط في الساعة 7 06 والثانية بعد ثلاث دقائق، وهكذا. ويعرف هذا الوقت بزمان الدورة Cycle Time، وهو الذي يتم فيه إنتاج وحدة واحدة بواسطة الخط. وبلاحظ أن هذا الرقم أقل من الدقائق الست الأصلية والتي تلزم لإنتاج وحدة واحدة من المنتج والتي تم توزيعها على المحطات الثلاثة. وهذا هو السر الأساسي الذي يكمن وراء الإنتاجية المرتفعة لخطوط الإنتاج المستمرة. وأحياناً يطلق عليها سرعة الخط Speed of the line. حيث يقال إن الخط يمكنه إنتاج وحدة كل ثلاث دقائق. وكما ذكرنا سابقاً فإن هذا الوقت هو بالتمام الوقت اللازم لأبطأ محطة على الخط، أو أقصى وقت مخصص لأي من المحطات الموجودة على الخط.

2- إذا تم تشغيل المحطة الأولى حسب الجدول فإنه سوف يترتب على ذلك تراكم مخزون من الوحدات تحت التشغيل منتظرة حتى يتم تشغيلها في المحطة الثانية. فالوحدة الثانية قد انتظرت دقيقة والثالثة دقيقتين والرابعة أربع دقائق.. وهكذا. وهذه مشكلة في ذاتها. أما إذا قررت المحطة الأولى تأخير البدء في الوحدات حتى لا يتراكم مخزون فسوف تظهر مشكلة وجود وقت عطل في تلك المحطة.

3- دائماً هناك دقيقتان انتظار في المحطة الثالثة بين الوحدة والوحدة التي تنبأ. فعلى الرغم من أنه يمكن لتلك المحطة تشغيل الوحدة الثانية في الساعة 7 06 إلا أنها سوف تنتظر حتى تصل الوحدة الثانية في الساعة 7 08.

يتضح من هذا المثال أن عدم توازن الخط قد أدى إلى وجود مشاكل فيما يتعلق بالطاقات العاطلة أو تراكم المخزون. ويقصد بعدم التوازن اختلاف الوقت المخصص للمحطات المختلفة. فإذا أمكن فنياً إعادة تخصيص الأنشطة على المحطات بحيث تقوم كل محطة بأداء ما يعادل دقيقتين اختفت تماماً مشكلة العطل وتراكم المخزون. ولذلك فإن مشكلة تصميم خط الإنتاج هي مشكلة عمل التوازن بين محطات التشغيل وهي ما يعرف بتوازن الخط Line Balancing، والتي عادة ما تناقش عند عرض موضوع تصميم خط العمليات الإنتاجية.



### طاقة وكفاءة خط الإنتاج:

دون الحديث عن كيفية الوصول إلى التصميم الأمثل لخط الإنتاج خصوصاً في حالة العدد الكبير جداً من محطات التشغيل، سوف نتعرض هنا لكيفية قياس طاقة الخط وكفاءته نظراً لارتباطهما بعملية التصميم والتي سوف نتناولها فيما بعد.

يمكن استخدام مفهوم زمن الدورة في تحديد معدل الإنتاج المتوقع من الخط وذلك من خلال العلاقة البسيطة:

$$\text{زمن الدورة} = \frac{1}{\text{معدل الإنتاج}} = \text{أو معدل الإنتاج} = \frac{1}{\text{زمن الدورة}}$$

وذلك على أساس أن هذا الواحد الموجود في البسط من المعادلتين يرتبط بتحديد المقصود بكلمة (معدل) في معدل الإنتاج. فإن كان معدل الإنتاج يومي فإن هذا الواحد هو واحد يوم، أما إذا كان معدل الإنتاج أسبوعي فإن هذا الواحد هو واحد أسبوع.. وهكذا. ففي المثال السابق إذا كان زمن الدورة 3 دقائق وأن وقت الإنتاج اليومي هو ثماني ساعات فإن:

$$\text{معدل الإنتاج اليومي} = \frac{(1) \text{ يوم}}{3 \text{ دقائق}} = 160 \text{ وحدة / اليوم.}$$

$$\text{معدل الإنتاج الأسبوعي} = \frac{(1) \text{ أسبوع}}{3 \text{ دقائق}} = 1120 \text{ وحدة / أسبوع}$$

وفي حالة تصميم الخط تكون الحالة العكسية، فغالباً ما يكون مطلوب تصميم خط إنتاج لتحقيق معدل إنتاج محدد، ويكون المطلوب هو تحديد زمن الدورة اللازمة. فبافتراض أن رقم الإنتاج اليومي المطلوب هو 240 وحدة فإن زمن الدورة المرغوب يكون:

$$\text{زمن الدورة المرغوب} = \frac{(1) \text{ يوم}}{240 \text{ وحدة}} = \frac{60 \times 8}{240}$$

$$= 2 \text{ دقيقة بين كل وحدتين متتاليتين.}$$

أما كفاءة Efficiency الخط فيمكن قياسها عن طريق مقارنة الوقت اللازم لإنتاج وحدة تامة الصنع والوقت المستغرق في إنتاجه بواسطة الخط. أما الوقت اللازم فهو إجمالي الوقت اللازم لجميع الأنشطة أ، ب، ج، د، هـ، و، ز، وهو في مثالنا ست دقائق، والوقت الفعلي المأخوذ في إنتاج وحدة هو ثلاث دقائق في كل محطة خلال ومن الدورة، أي تسع دقائق. ويمكن وضع ذلك في العلاقة التالية:

$$\text{كفاءة الخط} = \frac{\text{المخرجات}}{\text{الوقت اللازم لإنتاج وحدة}} = \frac{\text{المدخلات}}{\text{الوقت المستغرق في إنتاج الوحدة}} = \frac{\text{مجموع وقت الأنشطة اللازمة للوحدة}}{\text{عدد محطات التشغيل} \times \text{زمن الدورة}}$$

$$= \frac{6 \text{ دقائق}}{3 \text{ محطات} \times 3 \text{ دقائق}} = \frac{6}{9} = 67\%$$

ويعني ذلك أن هذا الخط الافتراضي يحقق فقط 67% كفاءة، بمعنى وجود 33% وقت عطل في الدورة أو 33% وقت عطل في كل وحدة منتجة. فالدورة الواحدة يتم فيها إنتاج وحدة واحدة.

كما يمكن قياس مقدار العطل في كل دورة أو وحدة عن طريق الفرق بين البسط والمقام، على النحو التالي:

$$\text{وقت العطل في الوحدة أو الدورة} =$$

$$\text{مجموعة وقت الأنشطة اللازمة للوحدة} - (\text{عدد المحطات} \times \text{زمن الدورة})$$

$$= 6 - 9 = 3 \text{ دقائق في كل وحدة.}$$

ومن تلك المعادلة الأخيرة يمكن الوصول إلى ما يسمى بالحد الأدنى النظري اللازم من المحطات لتحقيق زمن دورة معين - أي لتحقيق معدل إنتاج محدد - على النحو التالي:

$$\text{الحد الأدنى النظري للمحطات} = \frac{\text{مجموع وقت الأنشطة اللازمة للوحدة}}{\text{زمن الدورة}}$$

ففي مثالنا هذا، الحد الأدنى =  $6 + 3 = 2$  محطة.

ولأسباب كثيرة سوف لا نتعرض لها هنا، قد يكون عدد المحطات الفعلي أعلى من هذا الرقم، ولذلك يطلق على هذا الرقم "الحد الأدنى النظري".

#### تصميم خط الإنتاج:

يتوقف تصميم خط الإنتاج على طاقة الخط المرغوبة والتي يتم التعبير عنها عادة في شكل معدل الإنتاج خلال فترة زمنية محددة، وعلى نوع العمليات الإنتاجية (وأحياناً يطلق عليها أنشطة أو أعمال أو جزئيات) الواجب القيام بها إنتاج السلعة أو الخدمة، وكذلك على الوقت اللازم لكل عملية والشكل الفني لتتابع هذه العمليات. ويكون الهدف من عملية التصميم هو تخصيص العمليات على عدد يتم تحديده من محطات تشغيل Work Stations بشكل يضمن تخفيض درجة المعطل في الطاقات على الخط إلى أقل حد ممكن. ويتوقف نقوم الآن ببيان ذلك في شكل مثال.

#### مثال:

توافرت لديك البيانات التالية الخاصة بمجموعة الأنشطة اللازمة لإنتاج إحدى السلع في أحد خطوط التجميع:

الأنشطة	وقت اللازم	الأنشطة السابقة مباشرة
أ	60 ثانية	-
ب	80 ثانية	أ
ج	30 ثانية	أ
د	40 ثانية	ج
هـ	40 ثانية	ب، د
و	50 ثانية	أ
ز	100 ثانية	و
ح	70 ثانية	ج، ز
ط	30 ثانية	هـ، ح

فإذا كانت الشركة ترغب في تصميم خط إنتاجي طاقته 160 وحدة في اليوم، أوجد عدد محطات التشغيل اللازمة والتخصيص المفضل للأنشطة عليها. احسب كفاءة الخط الذي قمت بتصميمه.

#### الحل:

1- تمكن البيانات السابقة من حساب: مجموع وقت العناصر (الأنشطة)

اللازمة لوحدة = 500 (ث) ع

= 500 ثانية

2- توضح البيانات السابقة أن:

معدل الإنتاج المرغوب = 160 وحدة في اليوم.

وعليه فإن

$$\text{زمن الدورة المرغوب} = \frac{500}{160} = 3.125 \text{ يوم}$$

معدل الإنتاج المرغوب فيه

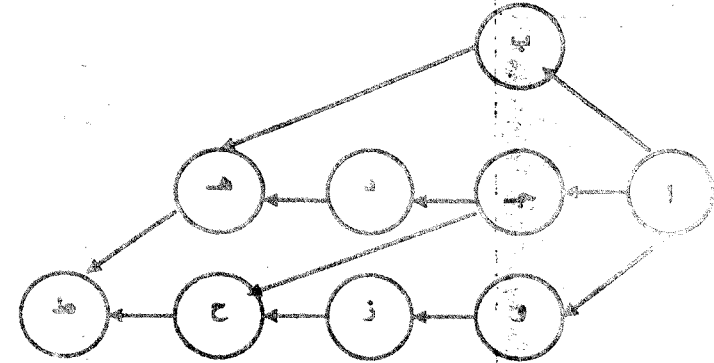
$$\frac{60 \times 60 \times 8 \times 1}{160} = 180$$

ز = 180 ثانية لكل وحدة

وذلك على أساس أن المصنع يعمل ثمانى ساعات في اليوم.

وتعني تلك النتيجة ثالثاً أن مجموع أوقات تخصيص لأي محطة تشغيل على الخط يجب ألا يتعدى 180 ثانية. حيث إن الزيادة عن هذه القيمة سوف يترتب عليها عدم إمكانية الخط تحقيق معدل الإنتاج المرغوب.

3- يمكن تصور التتابع الفني للأنشطة (العناصر) على النحو التالي:



4- بناءً على زمن الدورة المرغوب الذي توصلنا إليه في (2) والتتابع الفني الذي تم تصويبه في (3)، يمكن البدء في عملية توزيع العناصر على محطات التشغيل على النحو التالي (على أساس استخدام قاعدة أن يتم تخصيص العنصر ذي الوقت الأكبر أولاً طالما أن الوقت المتبقي وشرط التتابع يسمح بذلك).

المحطات	العنصر الذي يخص	وقت العنصر للأخص	الوقت المتبقي	العناصر الممكنة حسب التتابع	ملاحظات
محطة التشغيل الأولى ز = 180	ا	60	120	ب، ج، د 50,30,80	
	ب	80	40	ج، د 50,30	
	ج	30	10	د، هـ 40,50	عمل
محطة التشغيل الثانية ز = 180	و	50	130	ز 100,40	
	ز	100	30	ح 70,40	عمل
محطة التشغيل الثالثة المتبقي ز = 180	ح	70	110	د 40	
	د	40	70	هـ 40	
	هـ	40	30	ط 30	
	ط	30			
	لا عمل		مصدر		

وتجدر الإشارة في النهاية إلى أن هذا ليس بالضرورة هو أفضل تصميم. ويرجع ذلك إلى اعتمادنا على قاعدة واحدة عند المفاضلة بين العناصر التي يتم تخصيصها على محطة التشغيل في حالة وجود بديل. فهناك العديد من القواعد التي تعتمد عليها الطرق المتقدمة في المفاضلة حتى يمكن الوصول إلى أفضل تصميم ممكن. وأهم هذه القواعد والتي يطلق عليها قواعد الاجتهاد المنظم Heuristic Rules ما يلي:

- 1- أن يتم اختيار العنصر ذي الوقت الأعلى.
- 2- أن يتم اختيار العنصر الذي يتبعه أكبر عدد من العناصر.
- 3- أن يتم اختيار العنصر الذي يتبعه أكبر قيمة لمجموع وقت العناصر التي تتبعه.

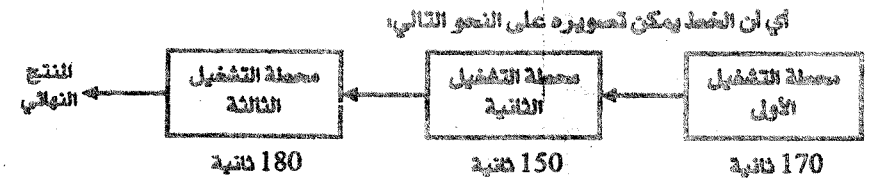
كذلك فإنه يجب الإشارة إلى وجود طرق أخرى تسعى إلى وجود التخصيص الأمثل للعناصر على محطات التشغيل. وأهم هذه الطرق الرياضية،

- 1- البرمجة الخطية Linear Programming.
- 2- البرمجة الدينامية Dynamic Programming.
- 3- وجود برامج الكمبيوتر الجاهزة للأوامر بهذه المهمة.

#### □ كيفية تحديد المواقع الملائمة في حالة الترتيب على أساس العملية:

أوضحنا من قبل أن الترتيب على أساس العملية يمكن من استيعاب متطلبات مختلفة لأوامر وطلبات مختلفة. ويعني ذلك أنه يتم نقل المواد والأجزاء التي يتم تشغيلها بين أقسام العمل المختلفة وعلى فترات متقطعة. وتعد تكلفة نقل المواد والأجزاء بين تلك الأقسام هي العنصر الذي يحكم بشكل رئيسي كيفية تحديد المواقع الملائمة للأقسام المختلفة داخل الموقع. وطالما أن تكلفة النقل لتلك المواد تتوقف على عدد الوحدات التي يتم نقلها، وكذلك على مسافة النقل، فهناك أساليب يسعى إلى تحقيق ذلك.

(3) إجمالي الوقت المخصص للمحطة الأولى هو 170 ثانية، وإجمالي الوقت المخصص للمحطة الثانية هو 150 ثانية، وإجمالي الوقت المخصص للمحطة الثالثة هو 180 ثانية.



(4) مجموع الوقت اللازم لإنتاج وحدة مازال هو 500 ثانية وزمن الدورة لهذا الخط هو 180 ثانية.

(5) كثافة الخط حسب التصميم الحالي،

$$= \frac{1 - \text{مجموع الوقت للاستغل}}{\text{مجموع الوقت المتاح}} \times 100$$

$$= \frac{100 \times \frac{500}{180 \times 3}}{100 \times \frac{500}{540}} = 92,6\%$$

أي أن هناك نسبة عطل قدرها حوالي 7.4% من طاقة الخط.

(6) قبل التصميم، يمكننا القول بأن:

$$\frac{500}{180} = \text{العدد الأدنى النظري لعدد المحطات}$$

$$= 2,78 \text{ محطة}$$

مثال:

فيما يلي مصفوفة توضح عدد الوحدات Load المتوقع نقلها خلال العام بين الأقسام الستة اللازمة للقيام بعمليات Processes مختلفة.

من \ إلى	1	2	3	4	5	6
1	—	150	110	300	150	140
2	—	—	120	50	70	80
3	—	—	—	120	90	100
4	—	—	—	—	80	60
5	—	—	—	—	—	70
6	—	—	—	—	—	—

ملحوظة: التدفق في اتجاه واحد وليس في اتجاهين.

هنا نفترض أن تكلفة نقل الوحدة الواحدة بين القسمين المتجاورين هي جنيه واحد، وأن تكلفة نقل الوحدة الواحدة بين أي قسمين متجاورين هي جنيه واحد، وأن تكلفة نقل الوحدة الواحدة بين أي قسمين متجاورين هي جنيه واحد، وأن تكلفة نقل الوحدة الواحدة بين أي قسمين متجاورين هي جنيه واحد.

للأسلوب:

التوصل إلى أفضل تخصيص للأقسام الستة على المواقع المختلفة.

تجريب:

بافتراض أن التصور المبني للموقع يكون على شكل مساحة مستطيلة وأن المساحات اللازمة لكافة الأقسام متساوية فإننا يمكن أن نبدأ بما يسمى بالعمل المبني (الترتيب المبني) على النحو التالي:

3	2	1
6	5	4

أولاً: أسلوب الأحمال والمسافات : Load-Distance Analysis:

يستخدم هذا الأسلوب في تحديد المواقع الملائمة للتجهيزات والأقسام بشكل يضمن تخفيض إجمالي تكلفة النقل إلى أقل حد ممكن، ولعرفة الجوانب الأساسية لهذا الأسلوب دعنا نفترض ما يلي:

- ن عند الأقسام الموجودة داخل الموقع.
- م س م عند الوحدات التي يتم نقلها من القسم (مركز العمل) س إلى القسم (مركز العمل) س.
- ف س م المسافة بين مركز العمل س، ومركز العمل س.
- ت تكلفة نقل وحدة واحدة لوحدة مسافة واحدة.

وعلى ذلك فإن تكلفة النقل الإجمالية بين الأقسام يمكن كتابتها على النحو التالي:

$$ت ج = \frac{م س م}{م س} \times \frac{ن}{م س} \times (ف س م) \times 1 = م س$$

وحتى يمكن استخدام هذا التحليل يجب القيام بالخطوات التالية:

- 1- تقدير عدد الوحدات التي سوف يتم نقلها بين كل زوج من الأقسام في خلال فترة زمنية (عادة سنة).
  - 2- تقدير قيمة المسافة بين مواقع الأقسام المقترحة.
  - 3- تجريب كافة البدائل المختلفة لتخصيص الأقسام على المواقع وحساب تكلفة كل بديل.
  - 4- اختيار أفضل تخصيص يقلل ت ج إلى أقل حد ممكن.
- وللتعرف على صعوبة استخدام هذا الأسلوب دعنا نأخذ المثال التالي:

ومن المفترض نظرياً أن نقوم بعمل كافة التعديلات الممكنة حتى يمكن الوصول إلى التعديل الأمثل Optimal. وعلى الفور يمكننا الآن أن نلاحظ أن ذلك يعد أمراً نظرياً خصوصاً في حالة زيادة عدد الأقسام اللازمة للعملية الإنتاجية. ويرجع ذلك إلى أن عدد التباديل الممكنة في حالتنا المحدودة هذه يساوي:

$$\frac{6!}{6-6!} = \frac{1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6}{1} = 720 \text{ بتديل.}$$

وعلى الرغم من أن بين هذه الحالات عدة حالات مشابهة من حيث التكاليف الإجمالية (نظراً لتجاوز الأقسام لبعضها البعض)، ومثال ذلك الترتيبات التالية:

3	5	4
6	2	1

3	2	4
6	5	1

6	5	4
3	2	1

إلا أنه مازال هناك عدد كبير جداً من البدائل يجب دراسته. ولذلك فإن هذه الطريقة تعد ملائمة في حالة العدد المحدود من الأقسام، وعند الاعتماد على الكمبيوتر في القيام بكل هذه التباديل.

وعلى ذلك يمكن التوصل إلى التكلفة الإجمالية ت ج لهذا الحل المبدئي على النحو التالي:

من	لـ	1	2	3	4	5	6
1	280	150	300	220	300	—	—
2	80	70	50	120	—	—	—
3	100	90	240	—	—	—	—
4	120	80	—	—	—	—	—
5	70	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—

وبذلك فإن إجمالي تكلفة الحل المبدئي = 2120 جنيه.

دعنا الآن نفكر في إعادة الترتيب على النحو التالي:

2	3	1
5	6	4

وعلى ذلك فإن تكلفة هذا الحل الجديد تكون كما يلي:

من	لـ	1	2	3	4	5	6
1	140	300	300	110	300	—	—
2	80	70	100	120	—	—	—
3	100	90	120	—	—	—	—
4	60	160	—	—	—	—	—
5	70	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—

بإجمالي تكلفة قدره 2340 جنيه ويعني ذلك أن هذا التعديل يعد مرغوباً فيه.

مثال:

افترضنا في المثال السابق أن الأماكن المخصصة لتخصيص الأقسام فيها أماكن متجاورة، ولذلك كان من السهل افتراض تكلفة نقل بناءً على قاعدة واحدة. دعنا الآن نناقش مثالاً آخر أكثر واقعية يقوم على وجود مسافات مختلفة بين الأماكن الممكن استخدامها. وقد تكون دالة التكلفة هي المسافات ذاتها أو الوقت المستغرق للانتقال بين تلك الأماكن.

تفكر إحدى الكليات الجامعية في تخصيص ثلاثة أماكن لثلاثة أقسام علمية هي: قسم الإدارة، قسم المحاسبة، قسم الاقتصاد. وقد أوضحت الدراسة البدئية أن عدد الطلاب الذين سوف ينتقلون بين الأقسام خلال العام الدراسي كان على النحو التالي:

		من		إلى
الاقتصاد	المحاسبة	الإدارة		
100	200	—	الإدارة	
250	—	300	المحاسبة	
—	100	80	الاقتصاد	

وقد كان متاحاً أمام الكلية ثلاثة مواقع مختلفة تبعد المسافة بينها على النحو

التالي:

من		إلى	
الموقع جـ	الموقع ب	الموقع أ	
70	50	—	الموقع أ
100	—	50	الموقع ب
—	100	70	الموقع جـ

(لاحظ أننا افترضنا أن المسافة من (أ) إلى (ب) هي المسافة نفسها من (ب) إلى (أ)، وذلك مجرد افتراض من الممكن أن يتغير في حالة إذا كان من الواجب المرور بمسار آخر في رحلة العودة كما في حالة "الاتجاه الواحد" للشوارع).

فإذا كان الهدف هو تقليل حجم التلحق بين الأقسام إلى أقل حد ممكن، حدد التخصيص الأمثل لتلك الأقسام على المواقع المختلفة.

التحليل:

منذ البداية يمكننا القول أن هناك عدد كبير من البدائل

$$\text{عدها} = \frac{3}{3-3} = 6 \text{ بدائل}$$

ويمكن حصرها على النحو التالي:

الموقع أ	الموقع ب	الموقع ج
البديل الأول	إدارة	محاسبة
البديل الثاني	إدارة	اقتصاد
البديل الثالث	محاسبة	إدارة
البديل الرابع	محاسبة	اقتصاد
البديل الخامس	اقتصاد	إدارة
البديل السادس	اقتصاد	محاسبة

والتي يصعب عملياً القيام بتحليلها جميعاً، ولكننا سوف نأخذ على سبيل المثال البديل الأول، والذي قد يمثل حلاً مبدئياً.

في ظل البديل الأول يمكننا حساب إجمالي التدفق المرجح Weighted Flow والذي يأخذ في الحسبان كلا من حجم التدفق (عدد الطلاب) والمسافة التي يقطعها كل طالب بين الأقسام المختلفة. ويكون ذلك في الجدول التالي:

من	إلى	الموقع أ (إدارة)	الموقع ب (محاسبة)	الموقع جـ (اقتصاد)
الموقع أ (إدارة)	70 × 100	—	50 × 200	70 × 100
الموقع ب (محاسبة)	100 × 250	50 × 300	—	100 × 250
الموقع جـ (اقتصاد)	—	70 × 80	100 × 100	—

وبإجمالي تدفق مرجح قدره 72600 وحدة.

أما في ظل البديل الثاني فيكون جدول إجمالي التدفق المرجح على النحو التالي:

من	إلى	الموقع أ (إدارة)	الموقع ب (اقتصاد)	الموقع جـ (محاسبة)
الموقع أ (إدارة)	70 × 200	—	50 × 100	70 × 200
الموقع ب (اقتصاد)	100 × 250	50 × 80	—	100 × 250
الموقع جـ (محاسبة)	—	70 × 300	100 × 100	—

وبإجمالي تدفق مرجح قدره 79000 وحدة.

كذلك فإن جدول إجمالي التدفق المرجح للبديل الثالث هو:

من	إلى	الموقع أ (محاسبة)	الموقع ب (إدارة)	الموقع جـ (اقتصاد)
الموقع أ (محاسبة)	7 × 250	—	50 × 300	7 × 250
الموقع ب (إدارة)	1 × 1	50 × 200	—	1 × 1
الموقع جـ (اقتصاد)	—	70 × 100	100 × 8	—

وبإجمالي تدفق مرجح قدره 67500 وحدة.

ويمكن تكرار الخطوات نفسها لباقي البدائل على النحو التالي:

#### البديل الرابع

من	إلى	الموقع أ (محاسبة)	الموقع ب (اقتصاد)	الموقع جـ (إدارة)
الموقع أ (محاسبة)	—	—	50 × 250	7 × 300
الموقع ب (اقتصاد)	50 × 100	—	—	100 × 80
الموقع جـ (إدارة)	70 × 200	70 × 200	100 × 100	—

إجمالي التدفق المرجح = 70500 وحدة

#### البديل الخامس

من	إلى	الموقع أ (اقتصاد)	الموقع ب (إدارة)	الموقع جـ (محاسبة)
الموقع أ (اقتصاد)	—	—	50 × 80	70 × 100
الموقع ب (إدارة)	50 × 100	—	—	100 × 200
الموقع جـ (محاسبة)	70 × 250	70 × 250	100 × 300	—

إجمالي التدفق المرجح = 83500 وحدة

#### البديل السادس

من	إلى	الموقع أ (اقتصاد)	الموقع ب (محاسبة)	الموقع جـ (إدارة)
الموقع أ (اقتصاد)	—	—	50 × 100	70 × 80
الموقع ب (محاسبة)	50 × 250	—	—	100 × 300
الموقع جـ (إدارة)	70 × 100	70 × 100	100 × 200	—

إجمالي التدفق المرجح = 80100 وحدة



دعنا نأخذ المثال التالي والذي يوضح أهمية تواجد الأقسام المختلفة في إحدى المكتبات إلى جوار بعضها البعض.

القسم القسم	2 التصوير	3 الفهرس	4 البحث بالكمبيوتر	5 أرفف الكتب
1- الاستعارة	ق م	هـ	م غ	غ هـ
	1	3	5	
2- التصوير	—	غ هـ	غ هـ	ض ج
				2
3- الفهرس	—	—	ق م	هـ
			1	2
4- البحث بالكمبيوتر	—	—	—	هـ
				2
5- أرفف الكتب	—	—	—	—

ويجب في هذه الحالة أن يكون هناك جدولان لتفسير الرموز والأسباب كما يلي:

الرمز	درجة القرب	اللون (الرسم)
ض ج	ضروري جداً	—————
هـ	مهم	.....
ق م	قرب مفضل	-----
غ هـ	غير مهم	-----
م غ	غير مرغوب	***

الرقم	السبب
1	الإشراف
2	سهولة الأداء
3	الاشتراك في المكان
4	سبب نفسي
5	الظروف المحيطة (الضوضاء)

ويتضح من ذلك أن أفضل تخصيص للمواقع والذي يقلل حركة الطلاب بين الأقسام إلى أقل حد ممكن هو البديل الثالث على النحو التالي:

قسم المحاسبة : يخصص في الموقع أ.

قسم الإدارة : يخصص في الموقع ب.

قسم الاقتصاد : يخصص في الموقع ج.

وبصفة عامة يمكننا القول أن هناك بعض المحددات الخاصة بطريقة المسافات والأحمال، أهمها:

1- طالما أن المعيار الوحيد هو تقليل التكاليف الخاصة بنقل المواد، فإن هذه الطريقة لا تعطي أي اعتبار لنوعية الوظيفة التي يقوم بها كل قسم. وعلى ذلك فإن هذه الطريقة قد تؤدي إلى وضع قسم التسليم بين أقسام التصنيع والتجميع. بينما من المفضل دائماً وجود أقسام التصنيع والتجميع إلى جوار بعضهم البعض. كذلك فإن بعض الشروط الفنية قد تمنع مثلاً أن يكون قسم التنظيف بجوار قسم الدهان.

2- تقوم هذه الطريقة على فرض أساسي وهو أن كافة الأقسام متساوية الحجم.

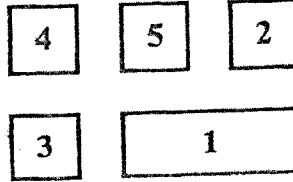
3- تفترض هذه الطريقة أن كافة الأقسام لها مداخل من كافة الاتجاهات.

4- لا تأخذ في الحسبان اعتبارات السلامة والأمن ووجود بعض القيود الإضافية مثل العملية الإشرافية.

ثانياً: أسلوب الأهمية النسبية لتجاور المواقع:

Systematic Layout Planning

هناك بعض الحالات التي لا يمثل فيها عدد الوحدات المنقولة بين الأقسام أهمية تذكر، أو أنه قد يصعب عملياً تحديدها والتنبؤ بها على وجه الدقة. وقد قدم Muther أسلوباً يمكن استخدامه في مثل هذه الحالات يعتمد على تحديد درجة أهمية أن يكون قسمان معينان قريبين من بعضهما البعض. ويقوم الأسلوب على عمل مصفوفة توضح درجة أهمية تقارب الأقسام وذلك اعتماداً على بعض الرموز والألوان مع إضافة أرقام تعبر عن الأسباب.



ومن الواضح أيضاً أنه يصعب القيام بكل المحاولات الممكنة في حالة تعدد الأقسام اللازمة.

### ثالثاً: استخدام الكمبيوتر في تحديد أفضل المواقع:

من الواضح الآن أن كلا من الأسلوبين السابقين لا يصلح في حالة كبر عدد الأقسام اللازمة للعملية الإنتاجية، وفي حالة وجود أكثر من هدف لعملية الترتيب الداخلي، وفي حالة عديد من القيود التي عادة ما توجد في الحياة العملية عند القيام بعملية الترتيب. ولذلك فإن الكمبيوتر عادة ما يستخدم في القيام بهذه العملية. وهناك عديد من البرامج الجاهزة التي تستخدم لهذا الغرض أهمها CRAFT, ALDEP, CORE LAP, وسوف نتناول كل منها بإيجاز.

\* يعرف CRAFT بأسلوب تحديد المواقع النسبية للتسهيلات الإنتاجية باستخدام الكمبيوتر.

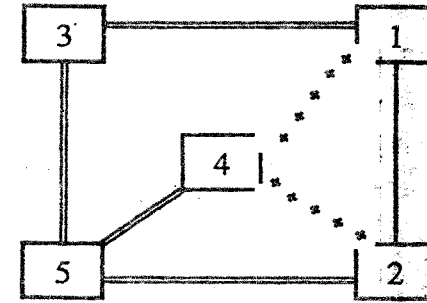
### Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques

ويتطلب هذا البرنامج عدة مدخلات أساسية تمثل بيانات عن:

- 1- رسم مبدئي للموقع.
- 2- مصفوفة احتمالات التدفق بين الأقسام.
- 3- مصفوفة لتكلفة نقل الوحدة (أو المسافات) بين الأقسام.

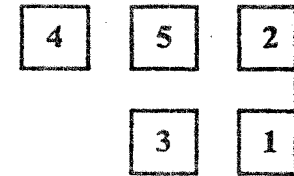
ومثال ذلك فإن وجود قسم "التصوير" إلى جوار قسم "أرفف الكتب" يعد أمراً ضرورياً جداً "ض ج" حتى يمكن ذلك من سهولة الأداء "2". كذلك فإن وجود قسم "الاستعارة" إلى جوار قسم "البحث بالكمبيوتر" يعد أمراً "غير مرغوب" بل يجب تجنبه بسبب وجود ضوضاء "5" في قسم الاستعارة. ويلاحظ هنا أن درجة القرب "غير مهم" ليست في حاجة إلى تبرير "أرقام" في غالبية الأحيان.

وتكون الخطوة التالية بناءً على البيانات السابقة هي وضع تصور بياني يسمى خريطة العلاقات بين الأقسام، يأخذ في الحسبان نوع العلاقات بينهما على النحو التالي:



ثم نقوم بعد ذلك بعمل تصور مبدئي لترتيب الأقسام دون مراعاة للمساحة

المطلوبة لكل قسم. ومثال ذلك:



ثم عن طريق المحاولة والخطأ (التجريب) يمكن التوصل إلى ترتيب أفضل يأخذ في

الحسبان المساحات اللازمة للمواقع، على النحو التالي:

ويمكن لهذا البرنامج ان يقوم بعمل الترتيب الأمثل لأربعين مركز عمل (قسم) كحد أقصى، مع إمكانية ان يضاف إليه قيود خاصة بالمباني. وكما في حالة أسلوب الأحمال والمسافات فإن المعيار المستخدم هو أقل تكلفة مناولة للمواد. وهو لا يستخدم إلا في حالة الترتيب الداخلي لطابق واحد.

#### \*CORE LAP\*

وهو أسلوب تخطيط الترتيب الداخلي للعلاقات باستخدام الكمبيوتر.

#### Computerized Relationship Layout Planning

وهو لا يستلزم شكل معين من المباني، ويمكن ان يعالج حتى 70 مركز عمل بينهما حتى 1000 علاقة. وأهم المدخلات الخاصة بهذا النظام ما يلي:

1- مصفوفة توضح أفضلية علاقة التجاور بين الأقسام.

2- نسبة طول المساحة المتاحة إلى عرضها.

3- القيود الموجودة على مساحة كل قسم من حيث الشكل.

4- حجم القسم.

وبناء على هدف محدد وهو تحقيق أقصى درجة للتقارب المرغوب بين الأقسام يقدم البرنامج مصفوفة عددية توضح ترتيب تلك الأقسام.

#### \*ALDEP\*

ويعرف ببرنامج تصميم الترتيب الداخلي آلياً.

#### Automated Layout Design Program

ويخص بالمباني ذات الثلاثة طوابق والتي بها حتى 63 مركز عمل (قسم). وتتمثل المدخلات الرئيسية للمباني في:

- 1- حجم وعدد مراكز العمل اللازمة.
  - 2- أبعاد المبنى والقيود الموجودة (بما فيها المصاعد والسلالم).
  - 3- جدول أفضلية علاقة التجاور بين الأقسام.
- ويقدم البرنامج أيضاً حلاً أمثل للترتيب الداخلي في الطوابق الثلاث.

## الفصل الخامس

### اختيار وتصميم المنتج

#### Product Selection & Design

##### • مقدمة.

##### • اختيار وتصميم المنتج عملية دالة .

- قوة العملاء.
- قوة المنافسة.
- الضوابط القانونية والمهنية.
- تغير هيكل التكاليف واقتصاديات التشغيل.
- دورة حياة المنتج.

##### • اختيار وتصميم المنتج عمل جماعي.

- العلاقة بين تصميم المنتج وجودة المنتج .
- مراحل اختيار وتصميم المنتج.



# المكتبة الاقتصادية



ECONLIBRARY

قناة المكتبة على التليجرام

## الفصل الخامس

### اختيار وتصميم المنتج

#### Product Selection & Design

يأتي قرار المنتج Product Decision على رأس القرارات الاستراتيجية في مجال إدارة الإنتاج والعمليات. فقد أوضحنا في جزء سابق أن الهدف الذي تسعى إدارة الإنتاج والعمليات إلى تحقيقه، هو تحقيق رضا المستهلك، لا يتأتى إلا عن طريق تقديم منتج مطلوب ذي جودة متميزة بتكلفة تنافسية Competitive وفي وقت الحاجة إليه On-time. وعلى ذلك فإن اختيار منتج جديد أو تطوير منتج قائم يعد مهمة أساسية تضمن استمرار المنظمة وتحقيقها ميزة تنافسية في دنيا الأعمال.

كذلك فإن استراتيجية قرار المنتج ترجع إلى أن قرار التصميم يترتب عليه بشكل تلقائي نوع العمليات التشغيلية اللازمة لإنتاجه، بل إن تصميم النظام الإنتاجي ككل يتوقف بشكل مباشر على نوع المنتج الذي تم اختياره والتصميم الذي تم التوصل إليه.

ونظراً للطبيعة الاستراتيجية لقرار المنتج فقد أطلق عليه البعض اصطلاح استراتيجية المنتج Product Strategy (Heizer & Render) والتي سوف نعتبر أنها تتكون من قرارين أساسيين هما: اختيار المنتج Product Selection وتصميم المنتج Product Design سواء كان هذا المنتج سلعة يتم إنتاجها أم خدمة يتم تقديمها.

#### □ اختيار وتصميم المنتج عملية دائمة:

تجدر الإشارة أولاً إلى أن قرار اختيار وتصميم المنتج تعتبر من القرارات الديناميكية Dynamic والتي يتم اتخاذها بشكل دائم. فالأمر لا يقتصر على اختيار منتج معين (أو مجموعة منتجات) والانتهاه إلى تصميم معين له ثم الاستمرار على هذا الوضع لفترات طويلة. فهناك عديد من العوامل التي قد يكون مصدرها العملاء Customers أو المنافسون Competitors، أو القيود القانونية Legal Constraints أو حتى ظروف داخلية في المنظمة والتي تقتضي إعادة النظر في المنتجات التي تقدمها المنشأة، سواء كان ذلك في شكل إسقاط بعض المنتجات وتقسيم منتجات جديدة أم إعادة تصميم وتطوير المنتجات الحالية. دعنا نوضح ذلك،

## ( 1 ) قوة العملاء وتغير العادات الشرائية :

من الشائع أن يبدي العملاء درجة الرضا أو عدم الرضا عن السلعة أو الخدمة إما بشكل مباشر (سواء كان ذلك للموزع أم للمنتج) أو بشكل غير مباشر في شكل جماعات حماية المستهلك (سواء كانت هذه أهلية أم حكومية). بل إن المنشآت ذاتها تسعى إلى قياس درجة رضا المستهلك عن السلعة (أو الخدمة) في شكل دراسات سوق ميدانية بهدف التوصل إلى إعادة النظر في التصميم الحالي بشكل يكون أكثر ملائمة لاحتياجات المستهلك الحقيقية. بل قد تؤدي قوة المستهلك إلى صدور بعض التشريعات التي تفرض على المنتج دفع غرامات في حالة وجود خطأ في تصميم المنتج وتعرض المستهلك للخطر. فإذا أخذنا في الحسبان حقيقة التغير الدائم في رغبات وحاجات المستهلك وفي مستويات الدخل وحجم الأسرة والعلاقات الاجتماعية السائدة لاتضح على الفور ضرورة الحاجة إلى تغيير وتطوير مواصفات السلع التي تقدمها المنشآت. ومن الأمثلة التقليدية على ذلك ظهور المرأة العاملة في المجتمع والتي خلقت الحاجة إلى بعض الوجبات الغذائية نصف المجهزة وأنصاف الخضار المجمدة التي لم يكن عليها إقبال من قبل.

## ( 2 ) قوة المنافسة :

فرضت ظروف المنافسة العالمية - والتي أصبحت إحدى السمات الرئيسية للاقتصاديات القرن الحادي والعشرين - الاهتمام بوظيفة تصميم وتطوير المنتجات. فيكاد يصل الأمر اليوم إلى اختفاء الخاصية التي اتسمت بها ممارسات القرن الحالي (وبشكل خاص خلال الخمسينيات والستينيات) وهي خاصية الولاء لاسم تجاري معين (Brand Loyalty) والتي كانت تميز العلاقة بين المستهلك والسلعة التي يستخدمها أو الخدمة التي يحصل عليها. فليس هناك الآن تمسكاً باسم تجاري معين أو نوع معين من السلعة. فقد أصبح المستهلك على استعداد لتغيير النوع أو الاسم التجاري الذي يستخدمه بمجرد الاختلاف بوجود تميز للسلعة الجديدة المنافسة سواء في مجال الجودة أم التكلفة أم وقت ومكان تواجدها. أي أن عدم الولاء Disloyalty أصبح هو السمة الغالبة والتي يتوقع لها أن تستمر خلال القرن الحادي والعشرين نتيجة لظروف المنافسة

وزيادة وعي المستهلك بالإضافة إلى محدودية الدخل (James Champy, 1995, pp. 1718). وقد أدت تلك القابلية للتحويل إلى منتج منافس إلى ضرورة تنافس المنتجين على تقديم منتجات جديدة سواء كان ذلك في شكل منتجات جديدة تماماً أو تطويراً لمنتجات قائمة. ونظرة سريعة على توليفة المنتجات التي قدمتها الشركات العالمية يؤكد هذه النتيجة. فقد وصل الأمر بشركة Sony إلى أنها تقدم أربعة منتجات جديدة كل يوم، وإن تقدم راديو كاسيت صغير محمول Walkman جديد كل ثلاثة أسابيع. ولدينا مثال آخر في مجال الصناعات الغذائية عندما نكتشف أنه قد تم تقديم 64 صنفاً جديداً من صلصة الكرونة الإسباجيتي خلال عام 1991، كما أن شركة Heinz العالمية قد قدمت 500 (نعم خمسمائة) منتج جديد خلال عام 1992. وحينما نتتبع تجربة شركة Procter & Gamble فيما يتعلق بمنتجاتها الرئيسية مسحوق غسيل Tide نصل إلى النتيجة نفسها. ففي عام 1946 تم تقديم هذا المنتج بشكله ومواصفاته التقليدية. وقد استمر تقديم المنتج نفسه بالمواصفات والشكل نفسه لمدة 38 عاماً ممثلاً فيها أفضل أنواع مساحيق الغسيل. وعندما استشعرت الشركة اتجاه المستهلك إلى عدم الولاء للمنتج خلال العقدتين الأخيرتين من القرن العشرين اتجهت فوراً إلى التطوير والتغيير الدائم لهذا المنتج الرئيسي. وعليه، فقد قدمت الشركة في عام 1984 منتجات هماً، تايد بدون رائحة Unscented Tide، وتايد السائل Liquid Tide. وفي عام 1988 قدمت تايد مع المبيض Tide with Bleach، ثم تايد ذو التركيز العالي Concentrated Ultra في عام 1990، وتايد ببديل المبيض Tide with Bleach Alternatives خلال عام 1992.

وهكذا فإنه يمكننا القول بأن الخطوة التي يتخذها أحد المنافسين المتعلقة بتقديم سلعة أو خدمة جديدة أو تطويرها سوف تؤدي بالضرورة إلى سلسلة من الخطوات والقرارات التي يتخذها المنافسون الآخرون في هذا الصدد. إن السوق المصرية مليئة الآن بالتصميمات العديدة في مجال إنتاج السيراميك والسجاد والسلع الغذائية والتي تعكس حدة المنافسة في هذه الصناعات. بل إن صناعة تقديم الوجبات السريعة تشهد أيضاً

تنوعاً واضحاً في أنواع المنتجات والخدمات التي يحاول المنتجون تقديمها. فبمجرد أن يعلن أحد المطاعم عن توافر خدمة توصيل الطلبات للمنازل Home Delivery نجد رد الفعل من قبل الآخرين في صورة تقديم الخدمة نفسها وبالمجان Free Home Delivery.

### (3) الضوابط القانونية والمهنية:

لا تخلو كافة الدول من الأجهزة الحكومية التي تتولى وضع القواعد والضوابط والمواصفات الخاصة بعديد من السلع والخدمات التي يتم تداولها أو تقديمها للمستهلك. ففي مصر توجد الهيئة العامة لتوحيد القياس التي تتولى وضع الحد الأدنى للمواصفات الفنية لعديد من السلع التي يتم إنتاجها في مصر، وكذلك أجهزة الحجر الصحي بالمواني، ومعامل وزارة الصحة ووزارة الزراعة التي تتولى فحص الرسائل المستوردة من الحيوانات واللحوم والسلع الغذائية. أضف إلى ذلك أجهزة وزارة الصحة المسؤولة عن اعتماد مواصفات الأدوية والتأكد من سلامة تداولها بالإضافة إلى الرقابة على مواصفات مكونات السلع الغذائية التي يتم تصنيعها.

ومن الأمثلة الأخرى في هذا الصدد مجموعة القواعد الفنية التي تشترطها الإدارات الهندسية لإصدار تراخيص البناء والتي تهدف إلى حماية المستهلك وضمان سلامة وأمان المساكن التي يتم إقامتها.

وقد ظهرت في الآونة الأخيرة في عديد من الدول، الأجهزة المتخصصة في شئون حماية البيئة والتي تركز نشاطها في مجالات حماية المستهلك والمجتمع من الآثار البيئية غير المرغوبة الناتجة عن استخدام بعض السلع سواء كان ذلك بسبب التصميم أم المادة الخام المستخدمة أو التلوث الناتج عنها.

وهناك أجهزة مشابهة في الولايات المتحدة الأمريكية منها وزارة الغذاء والأدوية Food & Drug Administration، ووكالة حماية البيئة Environmental Protection Agency، ولجنة أمان السلع الاستهلاكية Consumer Products Safety Commission.

وقد أشرنا في فقرة سابقة إلى قوة المستهلك التي قد تؤدي إلى صدور قوانين تحدد مسؤولية المنتج تجاه المستهلك عن الخطأ في التصميم أو التصنيع Product Liability والذي قد ينتج عنه أية أضرار للمستهلك.

وقد كانت تلك التشريعات وراء تعرض عديد من الشركات العالمية لمخاطر الإفلاس نتيجة للخطأ في تصميم وإنتاج بعض السلع الرئيسية لها. ومن تلك الشركات شركة General Motors التي اضطرت إلى استدعاء كل سياراتها متوسطة الحجم عام 1980 (Model X Car) بسبب عيب في نظام الفرامل وتمت التسوية بإصلاح العيب ودفع تعويض للمستهلك بالإضافة إلى ضرورة إعطائه سيارة يستخدمها خلال فترة إصلاح العيب. كذلك فقد اضطرت شركة Ford إلى استدعاء كل سيارات موديل Pinto وتغيير خزان البنزين الخاص بها. وأخيراً اضطرت شركة Firestone إلى استبدال أحد أنواع الإطارات التي كانت قد باعت منها كميات كبيرة لوجود عيب أساسي في التصميم.

إن صدور تلك التشريعات الخاصة بمسؤولية المنتجين تتطلب ضرورة الاهتمام بتصميم المنتج بشكل يقلل إلى حد كبير (يمنع بقدر الإمكان) أية مخاطر قد تظهر أثناء الاستخدام. وسوف نرى فيما بعد أن ذلك قد يكون عن طريق إضافة أجزاء احتياطية تعمل بشكل تلقائي عند تعطل أجزاء أصلية، أو عن طريق إضافة مؤشرات وأجهزة تعطي معلومات وتحذيرات عن احتمال حدوث الخطر، كل ذلك بالإضافة إلى ما تقدمه المنشآت من الفحص الدوري للسلع التي تقدمها.

وتجدر الإشارة هنا إلى الدور الذي يمكن أن يلعبه المسئولون عن الإنتاج في تقليل هذه الأخطار التي قد تنشأ عن استخدام السلعة. فعلى الرغم من أن التصميم يتم في الإدارات المتخصصة إلا أن المسئولين عن العملية التحويلية يمكنهم الاكتشاف المبكر لبعض عيوب التصميم أثناء عملية الإنتاج ذاتها. أضف إلى ذلك فإن الخطأ في عملية الإنتاج ذاتها قد يكون هو السبب في حدوث تلك الأخطار. وعلى ذلك فإن الدور هنا يمكن أن يكون مزدوج بحيث يتضمن التنبؤ بخطورة التصميم وكذلك الاهتمام بعملية الإنتاج لتجنب حدوث الأخطار. وهنا يجب مشاركة إدارة الإنتاج والعمليات - كما سنرى - في كافة مراحل تصميم المنتج وتطويره.



#### (4) تغير هيكل التكاليف واقتصاديات التشغيل :

قد يؤدي التغير في أسعار بعض عناصر الإنتاج المستخدمة في إنتاج أحد التصميمات أو ارتفاع تكلفة تشغيلها إلى ضرورة الحاجة إلى إعادة تصميمها بشكل يضمن استمرارية الطلب عليها في السوق. فعلى سبيل المثال أدى ارتفاع الصوف إلى الاعتماد على الأكرليك في إنتاج السجاد في العصر الحديث، ولم يعد يتم إنتاج هذه الأصناف المتميزة من السجاد اليدوي إلا لقطاع محدود في السوق. والمتتبع لحجم النمو في سوق مبيعات الكراسي البلاستيك يمكنه أن يلاحظ على الفور اختفاء (أو على الأقل تناوُل مبيعات) الكراسي الخيزران التقليدية لا شيء إلا بسبب ارتفاع ثمن المواد الداخلة فيها وارتفاع تكلفة العمالة الفنية الماهرة اللازمة لإنتاجها.

ومن ناحية أخرى نجد أن ارتفاع أسعار البترول - بعد أزمة الطاقة في عام 1973 - قد أدى إلى ضرورة الحاجة إلى إنتاج سيارات ركوب صغيرة ذات تكلفة طاقة أقل. وقد كانت الشركات اليابانية والأوروبية أسبق من الشركات الأمريكية في القيام بهذا التحول حتى أن إحدى كبرى الشركات الأمريكية - كرازلر Cryzlar - قد تعرضت لاحتمال الإفلاس بسبب عدم قدرتها على التحول إلى إنتاج سيارات صغيرة في فترة سريعة.

#### (5) دورة حياة المنتج :

إن دوام الحال من الحال، فلا يمكن ضمان استمرار إقبال المستهلك على منتج معين بمواصفاته نفسها إلى ما لا نهاية. فالتغير الدائم في كل من الرغبات والعادات والقدرات الشرائية وظروف المنافسة والتقدم التكنولوجي يجعل من الصعب قبول فرض الاستمرارية لمبيعات المنتج في السوق وبالمستوى نفسه. فكل منتج له ما يسمى بدورة حياة المنتج Production Life Cycle. ويقصد بذلك علاقة حجم المبيعات للمنتج معين بالزمن الذي يبدأ منه إدخال المنتج إلى السوق، وعادة ما تقسم تلك الدورة إلى أربع مراحل أساسية:

المرحلة الأولى : تقديم المنتج Introduction.

المرحلة الثانية : قبول المنتج Acceptance.

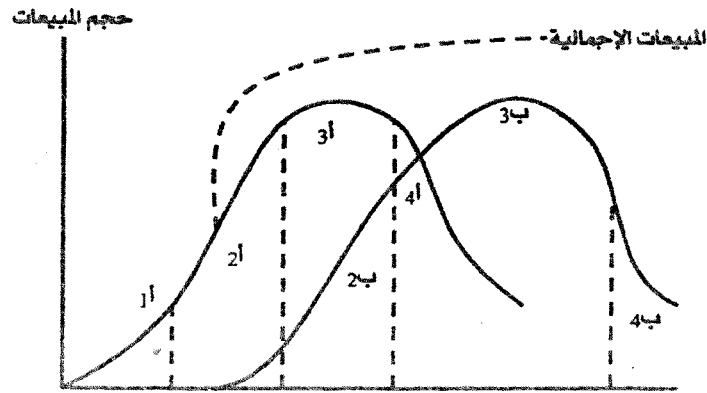
المرحلة الثالثة : النضج Maturity.

المرحلة الرابعة : تدهور المبيعات Decline.

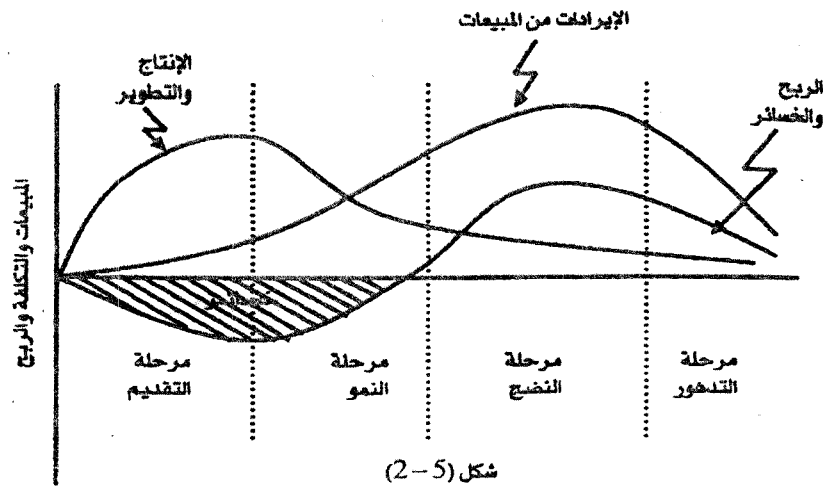
وتجدر الإشارة هنا إلى أن طول هذه الدورة يختلف من منتج إلى آخر. فقد تكون هذه الدورة يوم واحد فقط لأحد المنتجات بينما تكون عدة سنوات بالنسبة لمنتجات أخرى. فهناك بعض الصناعات - مثل صناعة الإلكترونيات - التي تتسم في العصر الحديث بقصر تلك الدورة نظراً للتقدم السريع في التكنولوجيا الخاصة بها.

وتعني تلك الدورة ببساطة حاجة المنشأة بشكل دائم إلى تقديم منتجات جديدة أو تطوير منتجاتها الحالية حتى تضمن الحفاظ على حجم المبيعات الإجمالي عند مستوى معين أو ضمان نموه المطرد. ففي اللحظة يتضح من الشكل (5 - 1) أن المرحلة الأولى (أ) وهي مرحلة التقديم للمنتج (أ) يكون فيها المنتج مازال جديداً وغير معروف للجمهور، وفي هذه المرحلة قد يستلزم الأمر إعادة التصميم أو عمل تعديلات في الإنتاج نتيجة لوجود مشاكل عند الاستخدام الفعلي للمنتج. كذلك فإن المنتج في هذه المرحلة عادة ما يكون مسعراً بسعر أعلى.

أما في المرحلة الثانية (ب) مرحلة القبول والتي يطلق عليها في بعض الأحيان مرحلة النمو - فعادة ما يتم تحسين المنتج ويزيد حجم المبيعات منه بمعدل مرتفع، وفي حالات كثيرة يتم في هذه المرحلة تخفيض تكاليف الإنتاج، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى حدوث ظاهرة التعلم Learning Curve، وكذلك من التحمل في هذه المرحلة وجود منافسة في السوق.



شكل (5-1)



#### □ اختيار وتصميم المنتج عمل جماعي:

على الرغم من وجود بعض الإدارات المتخصصة في القيام بأعمال البحوث والتطوير Research & Development (والمعروفة باختصار R&D) أو أعمال التصميم بشكل خاص Design Department في المنشآت الكبيرة، إلا أنه يجب التركيز هنا على أن القيام بمهمة اختيار وتصميم السلعة أو الخدمة هو عمل جماعي يعتمد على مدخل فريق العمل Team Approach (Vonderembse & White, 1998) ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى أن قرار المنتج (الاختيار والتصميم) يحتاج إلى العديد من الأنشطة والعمليات التي تمارسها إدارات مختلفة داخل المنظمة. فعندما نعرض فيها خطوات قرار المنتج سوف نكتشف على الفور الحاجة إلى تضافر جهود كل من التسويق والإنتاج والبحوث والتطوير والتمويل والحاسبية والإدارة الهندسية المسؤولة عن تصميم وتشغيل خطوط الإنتاج. فالمنظمة ما هي إلا أجزاء فرعية تعمل معاً بتقديم منتج متميز وحتى لا ينظر كل جزء في المنظمة إلى الزاوية التي تهتمه فقط في قرار التصميم التي تأخذ في الحسبان كل وجهات النظر في الوقت ذاته.

أما المرحلة الثالثة (3)، وهي مرحلة النضج بالنسبة للمنتج، فمن المفترض أن يكون المنتج قد وصل خلالها إلى مرحلة الاستقرار بشكل يسمح بقبول المستهلك له وقبول اسمه التجاري بشكل لحظي ومعتمد عليه، ويجب على المنشأة خلال تلك المرحلة أن تفكر في اختيار منتج جديد، وتصميمه، وتقليعه للسوق حتى يمكن ضمان استغلال الطاقة الإنتاجية والحفاظ على حجم المبيعات عندما يبدأ المنتج (1) في مرحلة هبوط المبيعات، ويوضح الشكل (5-1) أن المنتج الجديد ب قد دخل المرحلة الثانية (ب) عندما بدأ المنتج أ في دخول المرحلة الثالثة (3).

وفي المرحلة الرابعة (4)، مرحلة الهبوط في المبيعات، والتي يصل فيها السوق إلى التشبع الكامل من هذا المنتج، عادة ما يواجه المنتج منافسة من منتجات جديدة قد تعتمد أساساً على الاستفادة من التقدم التكنولوجي الذي يطرا في مجال الصناعة خلال تلك الفترات. ولكن طالما أن الشركة قد قامت بعمل تطوير وتقديم منتج جديد في السوق، فإن مبيعات المنتج الجديد سوف تعوض الانخفاض في مبيعات المنتج الذي أصبح قديماً، فيوضح الشكل (5-1) أن المنتج ب قد دخل المرحلة الثالثة (ب) عندما دخل المنتج (1) المرحلة الرابعة (4) وتكون محصلة ذلك هو استقرار رقم المبيعات الإجمالي كما في الشكل.

ويوضح الشكل التالي (5-2) منحنى إيرادات مبيعات المنتج وتكلفته - وبالتالي الربح المتوقع - خلال المراحل المختلفة في دورة حياة المنتج (Heizer & Render).

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه على الرغم من الجهد الذي عادة ما يبذل في عملية اختيار وتقديم منتجات جديدة إلا أن العديد منها قد لا يكتب له النجاح، وقد أوضح ذلك العضو المنتدب لشركة Mc Donald's حينما أشار في حوار تليفزيوني إلى أن الشركة قد قدمت خلال عامي 1994، 1995 ما لا يقل عن عشرة منتجات جديدة ولم ينجح منها سوى منتجين فقط، ومن المقرر في الصناعة بصفة عامة أن واحداً فقط من كل 25 منتج يتم تقديمها يكتب له النجاح في السوق (Heizer & Render, P.246).

أما السبب الآخر الذي يفرض الحاجة إلى الأخذ بمدخل فريق العمل فهو أن طبيعة اختيار وتصميم المنتج تستلزم الاعتماد على الخبرات وقدرات متنوعة. فالأمر يستلزم الإلمام ببعض الأدوات والأساليب التحليلية Analytical التي تساعد على اختيار وتصميم المنتج بالإضافة إلى وجود القدرات الإبداعية والابتكارية Creative التي تعتمد على التخيل والرغبة في تقديم كل ما هو جديد. أضف إلى كل ذلك أن عملية اختيار وتصميم المنتج هذه تحتاج في الوقت نفسه إلى نوع من التحليل الاقتصادي الذي يضمن جدوى تقديم المنتج. كل هذه الخبرات المتنوعة المطلوبة قد يصعب توافرها في شخص معين إلى تضافر أكثر من شخص وأكثر من إدارة معينة داخل المنظمة، ومن ثم فهناك الحاجة إلى تضافر أكثر من شخص وأكثر من إدارة للوصول إلى القرار اللامثل.

ولا يقتصر الأمر هنا على جماعات العمل المشكلة من داخل المنظمة، فمن المفضل أن تتضمن جماعة اختيار وتصميم المنتج مجموعة من الأطراف الخارجية والتي يكون لمشاركتها أثر كبير في نجاح عمل الجماعة. فلا شك أن تمثيل المستهلك وموردي المستلزمات والموزعين سوف يساعد على اختيار المنتج الذي يلائم الاحتياجات الحقيقية للمستهلك والذي يمكن أيضاً إنتاجه وتوزيعه بالشكل المرغوب.

وقد أخذت شركة فورد Ford بهذا المدخل الجماعي عند القيام بتصميم السيارة Taurus في عام 1990، كذلك فقد طبقت شركة سلسلة فنادق ماريوت Marriott العالمية المدخل نفسه عند تصميمها لمجموعة فنادقها الجديدة المصممة خصيصاً لذوي الدخل المتوسط Economy Hotels.

وعادة ما تنحصر أعراض تلك المجموعات - المختصة بقرار المنتج - في واحد أو أكثر من الأعمال التالية: (Mardick, Render & Russell):

(1) تقديم منتجات جديدة (سلع أو خدمات) للأسواق الحالية التي تتعامل فيها المنشأة.

(2) تقديم منتجات جديدة لأسواق جديدة.

(3) التوصل إلى استخدامات جديدة للمنتجات الحالية التي تنتجها الشركة.

(4) تحسين مستوى جودة المنتجات الحالية التي تنتجها الشركة.

(5) تخفيض تكلفة المنتجات الحالية التي تقدمها المنشأة.

(6) تقليل درجة المخاطر والعدم والتلوث المرتبطة بالمنتجات التي تقدمها المنشأة.

(7) تخفيض أو منع الصعوبات التي تعوق إنتاج أو استخدام المنتجات الخاصة بالمنشأة.

(8) تعديل بعض المنتجات لتلائم بعض القواعد والضوابط القانونية الجديدة.

(9) تحسين العلاقات مع المستهلكين.

(10) وضع النقاط فوق الحروف بالنسبة للمواصفات الفنية للتصميمات الخاصة بالمنتجات بشكل يسهل من تعرف كافة الأطراف عليها.

وهنا يمكن التمييز بين أربع مجموعات عمل أساسية تتولى عملية اختيار وتنمية تصميم المنتج، وهي: مجموعة الاختيار والتنمية Product Development Team، مجموعة التصميم لأغراض إمكانية الإنتاج Design for Manufacturability، مجموعة هندسة القيمة Value Engineering Team، وأخيراً تحليل القيمة Value Analysis Team.

أما المجموعة الأولى فهي التي تعد مسئولة عن ترجمة رغبات واحتياجات العملاء إلى منتجات وخدمات محددة يضمن لها النجاح في السوق. وعادة ما تضم تلك المجموعات ممثلين عن العملاء والموردين بالإضافة إلى المسؤولين عن التسويق والإنتاج والمشتريات وجودة الإنتاج والمسؤولين عن خدمة ما بعد البيع. وعلى وجه التحديد فإن تلك المجموعة تحاول أن تضمن ثلاثة عناصر أساسية للمنتج الذي يتم اختياره وتقديمه، وهي:

(أ) إمكانية توزيع المنتج وقبوله في السوق Marketability. ويقصد بذلك

وجود طلب على السلعة وقدرة المنتج على تحقيق ميزة تنافسية في الأسواق.

(1) إمكانية إنتاج السلعة أو الخدمة Manufacturability. ويقصد بذلك سهولة تنفيذ إنتاج التصميم الموضوع بشكل يتلاءم مع الخبرات والتكنولوجيا المتاحة، وبشكل مناسب ومتدفق وبمعايير ومواصفات يمكن قياسها.

(ج) إمكانية خدمة السلعة بعد بيعها Serviceability. ويقصد بذلك توافر مراكز الصيانة، وإمكانية القيام بالصيانة بواسطة العميل نفسه، وتوافر قطع الغيار اللازمة.

ومن ناحية أخرى نجد أن مسئولية المجموعتين الثانية والثالثة تكون أكثر تحديداً وفي مجالات محددة. فهي تهدف أساساً إلى تحسين التصميمات والمواصفات الخاصة بالمنتجات في كافة المراحل، سواء كان ذلك في مراحل البحوث أم التقديم أم التصميم أم الإنتاج الفعلي.

وعلى ذلك يمكن القول بأن كلا من مجموعة "التصميم لأغراض إمكانية الإنتاج" ومجموعة "هتسة القيمة" تهدف إلى تخفيض التكاليف في مرحلة اختيار وتصميم المنتج عن طريق:

(أ) تبسيط المنتج إلى أقل عدد من الأجزاء وإلى أقل عدد من العلاقات.

(ب) تنميط المنتج والعمل الدائم على زيادة درجة التنميط.

(ج) تحسين قدرة المنتج على القيام بوظيفته التي صمم من أجلها.

(د) تحسين درجة الأمان في استخدام المنتج.

(هـ) تحسين إمكانية القيام بصيانة المنتج وسهولتها.

(و) التوصل إلى تصميم للمنتج لا يتأثر كثيراً بالتغيرات المحدودة في عملية الإنتاج أو التجميع. ويطلق على ذلك التصميم تعبير Quality Robust Design.

وقد أدت الممارسات الفعلية لمجموعات العمل المختلفة في مجال اختيار وتصميم المنتج في شركات عديدة مثل AT&T و NCR إلى تخفيض التكاليف ما بين 15% إلى 70% دون التضحية بمستوى الجودة بل إن ذلك في حد ذاته كان مصحوباً بزيادة

وتحسين الجودة في الوقت نفسه Heizer & Render. أما المجموعة الرابعة، والخاصة بتحليل القيمة، فهي التي تتولى عمل دراسات تحسين مشابهة ولكن في مرحلة الإنتاج الفعلي للسلعة. فدرستها تنصب على المنتجات التي تم التأكد من نجاحها. وفي هذه الحالة فإن التحسين الذي تتولاه تلك المجموعات سوف يؤدي إما إلى منتج أكثر جودة، أو إلى إنتاج المنتج بتكلفة أقل. وذلك أمر يتعلق في غالبية الأحوال بالسلع التي لها دورة حياة طويلة نسبياً.

وتجدر الإشارة هنا إلى خطورة ظهور بعض المشاكل المتعلقة بوجود أكثر من فريق في عملية اختيار المنتج وتصميمه وتطويره. فقد يتم النظر إلى تلك المجموعة الأخيرة، مجموعة تحليل القيمة Value Analysis على أنها تراقب أو تعدل في القرارات التي انتهى إليها أفراد المجموعات الأخرى في مراحل الاختيار والتنمية للمنتج. فيجب أن يكون واضحاً في الأذهان أن تطوير المنتجات أمر حتمي، وهناك دائماً مجال للتحسين والتطوير "All Products can be improved". ومن المؤكد أن تكرار إنتاج المنتج يعطي فرصة ووقت أكبر لاكتشاف بعض نواحي التطوير والتحسين. فعادة ما تعمل المجموعات الثلاثة الأوليات وهي تحت عامل الوقت بغية تحقيق ميزة تنافسية سريعة. أما المجموعة الأخيرة فغالباً ما يكون لديها متسع من الوقت للتحليل والتطوير.

#### العلاقة بين تصميم المنتج وجودة المنتج:

يرتبط قرار تصميم المنتج بمستوى الجودة الخاصة بالسلعة أو الخدمة التي تقدمها المنشأة. وقد حدى ذلك البعض إلى تعريف الجودة على أنها الدرجة الملائمة للاستخدام "Fitness for use" (Juran, 1986).

فلاشك أن الاهتمام الرئيسي للعميل ينصب على ملاءمة هذا التصميم للاستخدام الفعلي المرتقب للسلعة أو الخدمة. فإذا لم يكن هذا التصميم غير ملائم لتحقيق الغرض من اقتنائه، فسوف يكون ذلك هو العنصر الحاسم في استبعاد هذه السلعة من قائمة البدائل التي يفكر فيها العميل. تخيل على سبيل المثال أن التصميم الجديد لأحد أنواع الأحذية لا يتلاءم مع القدم العريضة لغالبية أفراد المجتمع المصري، أو أن نوع المادة

QFD والذي يطلق عليه في بعض الأحيان اسماً طريفاً "منزل الجودة The Quality House". وسوف نتناوله في الجزء التالي.

### رغبات العميل وجودة المنتج: Quality Function Deployment<sup>(1)</sup>

يرجع الفضل في ابتكار هذا الأسلوب إلى أحد أساتذة الإدارة اليابانيين Yaji Akao في نهاية الثمانينات من هذا القرن. ولقد بدأ انتشار الأسلوب بين الشركات الأمريكية منذ بداية التسعينيات وحتى الآن. ويهدف هذا الأسلوب إلى تمثيل وجهة نظر ورغبات العملاء Voice of the customer بشكل محدد وعملي في كافة مراحل تنمية وتصميم وتطوير المنتج وكذلك في مرحلة الإنتاج والرقابة على الجودة. ويكون ذلك عن طريق وضع علاقات واضحة في شكل مصفوفة متعددة الأغراض والعلاقات بين العديد من الأطراف.

ويمكننا القول أن تلك المصفوفة توضح ما يلي:

(1) الاحتياجات الأساسية للعميل Customer requirements والتي يعتقد بأنها مجموعة من المتطلبات العامة الواجب توافرها في السلعة التي سوف يقوم بشرائها. (سوف نشر إليها في الشكل (5-3) على أنها A, B, C). وغالباً ما تكون هذه في شكل عبارات بسيطة جداً تنبع من استخدامه اليومي لهذه السلعة. فعند سؤال أصحاب المطابع عن المتطلبات الواجب توافرها في الورق الذي يستخدمونه من المتوقع أن تكون الإجابة بسيطة مثل "ألا يقطع أثناء التشغيل على ماكينة الطباعة"، "اتساق التشطيب وعدم وجود بقع"، "ألا ينتشر الحبر بجوار الحروف عند الطباعة"، "أن تكون الطباعة عليه واضحة ومقروءة".

(2) الأهمية النسبية لكل متطلب من تلك المتطلبات السابقة عند اتخاذ قرار الشراء والمفاضلة بين السلع البديلة في السوق. فعلى الرغم من أهمية تلك المتطلبات السابقة التي يذكرها العميل إلا أن أهمية كل منها قد تختلف من

المستخدمة في الجزء العلوي لأحذية الأطفال لا يتلاءم مع رغبتهم الدائمة في ركل الكرة (أو حتى ما يشبه الكرة). تخيل أيضاً أن إحدى هدايا الأطفال قد تم تصميمها وبها أجزاء مديبة حادة رغم أنها مصممة للأطفال لا يزيد عمرهم على ثمان سنوات. نعتقد أن هذه الحالات توضح أن التصميم قد يكون عنصراً حاسماً في عدم شراء السلعة. وتجدر الإشارة هنا إلى وجود ثلاثة مفاهيم مختلفة لجودة السلعة، هي<sup>(1)</sup>: جودة التصميم Design Quality، وجودة الإنتاج Production Quality، وأخيراً جودة الأداء Performance Quality. وعلى ذلك فإن عملية التصميم ذاتها تنطوي على اختيار ضمني لمستوى الجودة - فهي تتضمن تحديد المواصفات، وتحديد نوع المواد المستخدمة في التصنيع، بل وتحديد طرق التصنيع اللازمة. ويكون كل ذلك في شكل مواصفات يمكن قياسها تمثل المستوى المرغوب لجودة المنتج بناءً على التصميم الموضوع له. وكخطوة تالية فإن جودة التصميم تمثل مدخلات لمرحلة الإنتاج ذاتها، وتكون بمثابة الدليل الرئيسي لإدارة الإنتاج وأجهزة الرقابة على الجودة أثناء عملية التشغيل الفعلية. ومن ثم تعمل إدارة الإنتاج على تحقيق مستوى جودة التصميم الموضوع نفسه. ولذلك يطلق على جودة الإنتاج في بعض الأحيان تعبير جودة المطابقة Conformance Quality. ولا شك أن جودة التصميم تمثل الحد الأقصى لمستوى جودة المطابقة. فلا يتصور عملياً أن تزيد جودة الإنتاج عن جودة التصميم. كذلك فإن تحقيق جودة الإنتاج لا يعني أفضل جودة تصميم.

فجودة التصميم التي نتوصل إليها تعبر عن التوجه الاستراتيجي للمنشأة والذي قد يقتضي تقديم تصميم محدود للائحة قطاع السوق الذي تخدّمه المنظمة.

ومن أفضل الأساليب التي تم تقديمها في السنوات الأخيرة والتي تهدف إلى تحقيق تكامل بين رغبات العملاء ووضع المواصفات الفنية للتصميم وعملية الرقابة على الجودة أثناء الإنتاج، أسلوب Quality Function Deployment والمعروف باختصار

(1) راجع في ذلك كتاب إدارة جودة الإنتاج: للمدخل المتكامل، للمؤلف، دار المعارف - الإسكندرية 1995.

(1) اعتمدنا في هذا الجزء بنصرف على Stevenson, P/OM, 1993.

حالة إلى أخرى. ويفيد ذلك في التعرف على أهمية توافر تلك المتطلبات عند التصميم.

(3) تقييم الوضع التنافسي Competitive Evaluation الخاص بالمنتج الذي تقدمه المنشأة بالنسبة للمنتجات المنافسة. وفي هذه الحالة يمكن الاعتماد على العميل مرة أخرى في أن يقيم وضع المنشأة بالنسبة لقررتها على تحقيق كل متطلب من المتطلبات السابقة. فقد يكون المنتج الذي تقدمه المنشأة متميزاً في تحقيق المتطلب الثالث فقط، ولكن قد يكون هناك منتجات منافسة أفضل من حيث المتطلب الأول... ألا يقطع أثناء التشغيل... وهكذا.

(4) المتطلبات الفنية Technical requirements التي يقدمها الفنيون كمواصفات للسلعة أو المواد المستخدمة فيها والتي من شأنها أن تعمل على تحقيق متطلبات العميل (سوف نشر إليها في الشكل (5-3) على أنها X, Y, Z) وهنا يتعلق الأمر بخصائص فنية مثل "سمك الورق"، "قوة الشد"، "عرض الورق"، "سمك الفطاء المصقول على الورق"... الخ. وفي هذه الحالة يجب أن يرغم الفنيون على إيضاح علاقتين في غاية الأهمية. أما الأولى فهي علاقة كل متطلب من تلك المتطلبات الفنية بكل متطلب من متطلبات العميل. وليكن ذلك بشكل محدد في مقياس للدرجة العلاقة، مثل "علاقة محدودة"، "علاقة متوسطة"، "علاقة قوية"، وبشكل يمكن من ترجمة هذا المقياس في شكل كمي فيما بعد. أما العلاقة الثانية فهي علاقة كل متطلب فني بكل المتطلبات الفنية الأخرى. فقد يكون هناك علاقة بين "سمك الورقة" و"قوة الشد"، أو بين "لون الورقة" و"سمك الورقة"... وهكذا. ويكون ذلك أيضاً في شكل مقياس قابل للترجمة الكمية.

(5) معايير ومقاييس الجودة للمواصفات الفنية. وهي بمثابة قيم مستهدفة Target Values تعتبر مدخلاً أساسياً لنظام الإنتاج ونظام الرقابة على الجودة. ومثال ذلك درجة الشد، السمك المرغوب... الخ.

(6) التقييم الفني Technical Evaluation لقدرة المنشأة النسبية على تحقيق ومطابقة المقاييس الموضوعية لكل متطلب فني، ويشابه إلى حد كبير التقييم التنافسي إلا أنه يهدف إلى قياس قدرة المنشأة كما يراها الفنيون أنفسهم. وبالصريح يتم في هذه الحالة عمل مقارنات مع الشركات الأخرى Benchmarking. وقد يقتضي الأمر القيام بتجارب على المنتجات المنافسة بعد تفكيكها Reverse Engineering أو حتى التجسس على نظم ضبط الجودة الموجودة لدى المنشآت المنافسة.

الآن وبعد أن أوضحنا المكونات الأساسية لمصفوفة QFD فلنتصور معاً شكل المصفوفة والعلاقات بين تلك المكونات للمنتج الذي نتحدث عنه وهو "ورق" الطباعة في الشكل (5-3) على النحو التالي:

(1) تبنا العملية بدراسة متطلبات العمل (A, B, C) والأهمية النسبية لكل منها في قرار الشراء. فعلى سبيل المثال، يمثل المتطلب A أهمية أكبر عند اتخاذ قرار الشراء من وجهة نظر المستهلك. بينما لا يمثل المتطلب B إلا أهمية محدودة نسبياً.

(2) بسؤال العميل أيضاً عن الوضع التنافسي للمنتج التي تقدمه المنشأة بالنسبة لكل متطلب. وفي الشكل يتضح مثلاً أن المنتج الذي تقدمه المنشأة يحصل على واحد فقط من خمس درجات بالنسبة للمتطلب الأول بينما يوجد في السوق منتج منافس آخر حصل على خمس درجات والمنافس التالي له قد حصل على ثلاث درجات. فالوضع التنافسي بالنسبة للمتطلب A يعتبر منخفض إلى حد كبير. وعلى العكس فإننا نلاحظ في الشكل أن منتج المنشأة تحظى بوضع نسبي متميز بالنسبة للمتطلب C.

(3) يوضح الشكل أن العلاقة بين المتطلب الفني X ومتطلب العميل A تعتبر علاقة محدودة، بمعنى أن الموصفة الفنية X لا تؤثر كثيراً على ذلك الهدف A الذي يأخذه العميل في الاعتبار عند اتخاذ قرار الشراء. وعلى العكس فإن المتطلب الفني Y يعمل على تحقيق جانب كبير من A الخاص بالعميل. فالعلاقة بينهما هوية.

(4) يمثل الجزء العلوي من الشكل درجة قوة العلاقة بين المتطلبات الفنية ذاتها، فقد يكون هناك علاقة قوية بين الخاصية الفنية X والخاصية الفنية Z للسلعة نفسها. ويفيد هنا التحديد في عدم التركيز على إحدى الخصائص الفنية دون مراعاة أثر ذلك على الخاصية الفنية الأخرى.

(5) يمثل الصف الخاص بالأهمية المرجحة الترجمة الكمية التي تعكس الأهمية النسبية لكل خاصية من الخصائص الفنية لمنتج أخذاً في الحسبان علاقة تلك الخصائص بمتطلبات العميل. ويتم حساب القيمة الخاصة بكل عمود من هذا الصف عن طريق ضرب درجة الأهمية النسبية لكل متطلب في قوة العلاقة بينه وبين المواصفة الفنية. ففي العمود الأول:

$$\text{الأهمية المرجحة للمواصفة } X = 3 \times 3 = 9$$

وفي العمود الثاني:

$$\text{الأهمية المرجحة للمواصفة } Y = (1 \times 3) + (3 \times 9) = 30$$

وفي العمود الثالث:

$$\text{الأهمية المرجحة للمواصفة } Z = (1 \times 3) + (3 \times 3) = 12$$

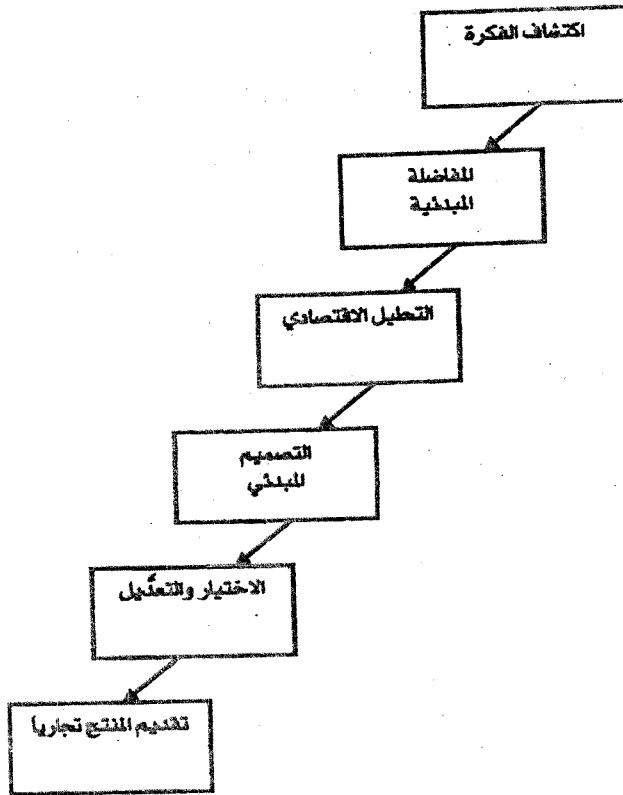
وتعكس تلك القيم التجميعية المرجحة الأهمية النسبية لكل مواصفة فنية، ففي المثال الحالي تمثل المواصفة Y أهمية قصوى بينما تمثل المواصفة Z أهمية متوسطة أما المواصفة X فهي أقل المواصفات أهمية عند التصميم.

وتفيد هذه الأهمية النسبية في وضع أولويات لتحسين وتطوير تلك المواصفة بل والعمل الجاد على تحقيقها عند الإنتاج الفعلي. وقد ينعكس ذلك على برامج تدريب الأفراد أو استبدال بعض التجهيزات أو إجراء المزيد من البحوث والتطوير R & D لتحقيقها.

المتطلبات الفنية الأهمية النسبية في قرار الشراء (درجة من 5)		الوضع التنافسي بالنسبة من المنافس الأول من المنافس الثاني			1	2	3	4	5
		X	Y	Z					
متطلبات العميل	A	3	△	⊙	○				
	B	1		○	○				
	C	2							
الأهمية المرجحة		3	30	12					
معايير الجودة المستهدفة		معايير المتطلب X	معايير المتطلب Y	معايير المتطلب Z					
التقييم الفني		5 4 3 2 1	من من من	من من من					

شكل (5-3)

معنى العلاقات  
⊙ = قوية = 9  
○ = متوسطة = 3  
△ = محدودة = 1



شكل (4-5)

#### أولاً: اكتشاف الفكرة:

إن المنتج ما هو إلا فكرة تم وضعها في شكل ملموس يسمح استخدامه بإشباع حاجات ورغبات المستهلك. وقد تظهر تلك الأفكار عند البحث عن منتج جديد أو عند تطوير منتج حالي من عدة مصادر داخلية أو خارجية أهمها (Dervitsiotis)،

(6) إن القيام بعملية الرقابة على الجودة يتطلب التحديد الدقيق للمقاييس الخاصة بتلك المواصفات الفنية، وعادة ما يتم تحديد تلك المواصفات في شكل قيمة مرغوبة وحدود عليا ودنيا لتلك المواصفات.

(7) يتضمن الجزء الآخر من مصفوفة QFD تقييم قدرة المنشأة على تحقيق كل مواصفة فنية (جودة المطابقة) أثناء عملية الإنتاج الفعلية. ويكون هذا التقييم بالنسبة للمنشآت الأخرى، وفي هذه الحالة قد يقوم الفنيون أنفسهم بعمل اختبارات على السلع المنافسة للتعرف على قدرة المنافسين على تحقيق بعض المواصفات.

#### □ مراحل اختيار وتصميم المنتج:

يوضح الشكل (4-5) الخطوات الأساسية التي تمر بها عملية اختيار المنتج الجديد وتصميمه، وهي: اكتشاف الفكرة، المفاضلة المبدئية واختيار المنتج، التحليل الاقتصادي، عملية التصميم المبدئي، اختيار المنتج والتصميم النهائي، وتقديم المنتج تجارياً، وسوف نتناول كل منها بالإيضاح.



(1) نتائج البحوث في مجالات العلوم الأساسية، مثل الطبيعة والكيمياء والأحياء.

(2) التقدم التكنولوجي الذي ينجم عنه ظهور أساليب حديثة تكنولوجية، ومثال ذلك إمكانية إنتاج قلب صناعي أو تلفون محمول.

(3) الاقتراحات التي يتقدم بها الأفراد من جهات مختلفة داخل المشروع. ومثال ذلك أقسام البحوث والتطوير (R & D)، وأقسام الرقابة على الجودة، وأقسام الإنتاج.

(4) نتائج بحوث التسويق، ودراسات المستهلك للتعرف على رغبات المستهلكين واقتراحاتهم وحاجاتهم غير المسبقة، بالإضافة إلى رصد التغيرات الاجتماعية والسكانية التي من شأنها أن تخلق طلباً جديداً على بعض السلع.

(5) فحص السلع أو الخدمات التي يقدمها المنافسون.

(6) رصد التغيرات السياسية، وما قد ينتج عنها من اتفاقيات تجارية بين الدول وظهور نظم حرية التجارة التي قد تعطي فرصاً أكبر لفتح أسواق جديدة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعض الشركات الناجحة قد توصلت إلى أفكار عن بعض المنتجات التي تم تقليدها عن طريق بعض المصادر غير العادية. وقد حققت تلك الأفكار من المصادر غير العادية نتائج طيبة للدرجة أن تلك الشركات أطلقت عليها لفظ الأفكار الذهبية Golden Ideas، نظراً لأنها قد تكون المصدر الرئيسي لنجاح الشركة في السوق، ومن الأمثلة الشهيرة في هذا الصدد توصلت إحدى شركات الصناعات الغذائية إلى أفضل منتجاتها من "شورية البصل" بناءً على اقتراح من زوجة أحد المديرين بالشركة. كذلك فقد تم تقديم جهاز دفع الأقدام بناءً على استفسار من أحد العملاء.

وعلى الرغم من أن العملية الفعلية لاكتشاف أفكار جديدة تختلف من منشأة إلى أخرى إلا أنها من الشائع أن تتأثر بشكل مباشر بالمتغيرات الثلاثة التالية (Menipaz):

(1) طبيعة العمليات التي يتولاها المشروع، فمن الطبيعي أن تكون الفكرة التي يتم التوصل إليها مرتبطة بطبيعة نشاط المنشأة.

(2) أهم الميزات النسبية التي يتمتع بها المشروع.

(3) الأهداف المحددة للمنشأة.

ومثال ذلك قيام شركة General Electrics (قسم الإضاءة) في الثمانينات بتقديم لمبات جديدة توفر الطاقة حيث يتمتع ذلك مع كون الشركة لها تميز على باقي الشركات الأخرى في هذا المجال من حيث قدرتها البحثية في قسم البحوث والتطوير R&D بها، كذلك فإن أهدافها المحددة تنص على أن تكون هي الشركة الرائدة في هذا المجال.

#### ثانياً: المفاضلة المبدئية:

على الرغم من أنه الممكن من الناحية العملية تقديم عدة أفكار خاصة لسلع وخدمات جديدة إلا أنه لن يتم فعلياً القيام بإنتاجها جميعاً، فيجب أن يتم الاختيار من بين تلك الأفكار العديدة لعدد محدود من المقترحات التي تبدو واعية أكثر حتى يتم القيام بعمل دراسة تفصيلية لها سواء كان ذلك من حيث التحليل الاقتصادي البحوث والتطوير، الاختيار، وإمكانية نجاحها تجارياً. ويجب القيام بتحليل شامل ويتضمن اختبار السلعة في السوق قبل الوصول إلى قرار نهائي لإنتاجها على نطاق كبير.

وحتى يمكن المساعدة في عملية المفاضلة بين تلك الأفكار فقد تم تقديم عديد من الأساليب المستخدمة في هذا الصدد، وواحد من تلك الأساليب وأبسطها أسلوب النقاط Scoring Method الذي يتضمن قائمة من العوامل، يتم وضع وزن نسبي لكل منها. وحسب هذا الأسلوب فإنه يتم وضع درجة لكل عامل تنحصر بين 1، 5 ويتم حساب الدرجة الإجمالية المرجحة التي حصل عليها المنتج، فإذا كان هذا المجموع فوق مستوى معين، يمكن اختيار الفكرة للقيام بتحليل اقتصادي عليها، كذلك يمكن استخدام هذا المجموع لترتيب الأفكار بشكل يسمح بمعرفة أولوية دراسة كل منها. ويوضح الشكل (5-5) مثلاً على هذا النوع من التحليل.

### (1) العلاقة بين المنتج محل الاعتبار وتكنولوجيا الإنتاج الموجود بالشركة:

من وجهة نظر الإنتاج، يجب أن يتناسب المنتج الذي يتم اختياره مع العملية التحويلية Transformation Process ونوع الخبرة الإنتاجية السائدة لدى الشركة، فإذا كانت الشركة تقوم حالياً بالإنتاج حسب نظام خط الإنتاج Assembly Line الشائع في الصناعات ذات الإنتاج النمطي والكبير، فسوف يكون من الخطر عليها أن تفكر في إدخال منتج جديد يعتمد على وجود مواصفات مختلفة حسب طلبات العميل. لذلك أمر يحتاج إلى ترتيب إنتاجي آخر وأنواع مختلفة من المهارات والأدوات وطرق المناولة والتي قد لا تتوافر لدى المنشأة.

### (2) درجة التفوق النسبي للمنشأة في القدرة على إنتاج المنتج محل الاعتبار بإنتاجية Productivity مرتفعة:

فمن الناحية الاستراتيجية يعد خطأ كبيراً أن تفكر المنشأة في إنتاج سلعة أو تقديم خدمة يمكن للغير أن يقدمها بمستوى إنتاجية وكفاءة أفضل. فعند محاولة شركة المقاولات المتخصصة في مجال الإسكان فقط أن تحصل على عطاء للقيام بتنفيذ مشروع للصرف الصحي لا شيء إلا لأنها وجدت أن شركات مقاولات الصرف الصحي تحقق أرباحاً كبيراً يعد خطأ فادحاً، فمن الواضح أن السبب الرئيسي وراء تحقيق الربح هو فترة شركات الصرف الصحي على القيام بمثل هذه المشروعات بكفاءة أفضل نظراً لتخصصها وتوفر التجهيزات اللازمة التي تستخدمها في أكثر من مشروع من النوع نفسه.

وجدير بالذكر أن ذلك العنصر يمثل أهمية خاصة عندما تكون هناك منافسة بين أكثر من جهة يمكنها إنتاج السلعة نفسها أو تقديم الخدمة نفسها. أما في حالة وجود الاحتكار (أو الحماية المؤقتة) فيمكن للمنشآت تجربة تقديم منتج جديد في مراحله الأولى وليس هناك ضمان لاستمرار تفوقها في إنتاج هذا المنتج في المستقبل إلا إذا كانت لديها القدرة على إنتاجه بكميات كبيرة وبكفاءة Efficiency أفضل ونفقات طويلة.

الترتيب	الوزن النسبي للعنصر	خيار من السلعة أو الخدمة المقترحة
		ضعيف (1) مقبول (2) جيد (3) جيد جداً (4) ممتاز (5)
(1) مدى قدرتها على الوفاء بتوقعات المستهلك.	15 ×	✓
(2) مدى توافرها مع تكنولوجيا الإنتاج.	15 ×	✓
(3) حجم التجهيزات المرتقب.	20 ×	✓
(4) مدى ملائمتها مع أهداف المنشأة.	20 ×	✓
(5) مستوى جودتها المتوقع.	10 ×	✓
(6) الربح المتوقع.	20 ×	✓
إجمالي الوزن النسبي	100 ×	

∴ الإجمالي المرجح للسلعة

$$= 5(20\%) + 3(10\%) + 1(20\%) + 3(20\%) + 4(15\%) + 3(15\%) = 3,15 = 1,00 + 0,30 + 0,20 + 0,60 + 0,60 + 0,45$$

ثم يتم بعد ذلك المقاضاة بين الأفكار المقترحة بناءً على الرقم الإجمالي المرجح لكل سلعة. ومن الواضح أن كل من الترتيب والوزن النسبي للعناصر يجب استخدامهم بحذر نظراً لعدم وجود أسلوب موضوعي يمكن الاعتماد عليه للوصول إليهم في ظل هذا الأسلوب ويمكن القول أن قرار اختيار السلعة Product Selection Decision يتوقف على عدة عوامل أهمها: (Chase)

(ج) الدراسة المالية، وذلك يهدف إلى التأكد من ربحية الفكرة وذلك عن طريق مقارنة العائد المتوقع بالتكلفة المتوقعة خلال فترة استغلال الفكرة. وهناك العديد من الأساليب التي يمكن الاعتماد عليها في مثل هذا النوع من التحليل وأهمها: تحليل التعادل وتحليل القرار الاستثماري Financial Investment Analysis.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن دراسة الجدوى الاقتصادية الكاملة لا يتم القيام بها في كل الحالات. فقد تكون الفكرة بسيطة، ويمكن اتخاذ قرار بشأنها اعتماداً على بعض الأساليب البسيطة التي تتسم بانخفاض التكلفة وتعتمد على البيانات التقديرية. ومثال ذلك أسلوب "معامل قيمة الفكرة المقترحة Project Value Index" وهو يعتمد على معادلة رئيسية لتحديد العامل الخاص بكل فكرة مقترحة على النحو التالي (Chase):

$$\text{معامل قيمة الفكرة المقترحة} = \frac{\text{ف ن ف} \times \text{ف ن ت} \times \text{م س} \times \text{ر} \times \text{ع}}{\text{ت ك ف}}$$

على أساس أن:

م ق ف = معامل قيمة الفكرة المقترحة.

ف ن ف = فرصة النجاح الفني (قيمة تنحصر بين صفر، 10).

ف ن ت = فرصة النجاح التجاري (قيمة تنحصر بين صفر، 10).

م س = المبيعات السنوية المتوقعة بالوحدات.

ر = ربح الوحدة.

ع = العمر المتوقع للسلعة بالسنوات.

ت ك ف = التكاليف الكلية للفكرة.

(3) درجة التأكد من استقرار عملية توريد مستلزمات الإنتاج:

على الرغم من أن الشركة قد تكون لديها القدرات الفنية على إنتاج إحدى السلع إلا أن عدم التأكد من انتظام مستلزمات الإنتاج وتوافرها قد يكون سبباً كافياً لرفض إنتاج هذا المنتج، وتظهر هذه الحالة عندما يكون هناك مورد وحيد لبعض مكونات الإنتاج وفي مثل هذه الظروف يجب دراسة إمكانية هذا المورد على الاستمرار في عملية التوريد بالكمية والتمن والجودة والوقت اللازمين للعملية الإنتاجية قبل اتخاذ قرار بالدخول في إنتاج السلعة.

(4) تكلفة العمالة اللازمة لإنتاج السلعة محل الاعتبار:

يحكم توافر العمالة اللازمة وتكلفتها قرار اختيار المنتج إلى حد كبير. فقد يكون من الأفضل إنتاج أجزاء من المنتج في أماكن مختلفة بسبب انخفاض تكلفة العمالة بها، على أن تقتصر عملية الإنتاج على مجرد التجميع فقط. أو قد يكون من الممكن ابتكار آلات وتجهيزات للإنتاج تمكن من تخفيض تكلفة العمالة نسبياً.

ثالثاً: التحليل الاقتصادي للفكرة:

بعد أن يتم عمل المفاضلة المبدئية بين الأفكار المختلفة ويتم التوصل إلى فكرة محددة تكون الخطوة التالية هي عمل دراسة اقتصادية متعمقة لتلك الفكرة المطروحة ويقصد بذلك دراسة جدوى اقتصادية تتكون من ثلاثة أجزاء هي (راجع في ذلك تفصيلاً، دراسة الجدوى الاقتصادية، د. إسماعيل السيد).

(أ) الدراسة التسويقية: يهدف التأكد من وجود طلب كافٍ على تلك السلعة في حالة إنتاجها مع التوصل إلى تقديرات مبدئية في هذا الصدد.

(ب) الدراسة الفنية: وهي التي تهدف إلى التأكد من قدرة المنشأة على تحقيق تلك الفكرة من الناحية التكنولوجية سواء تعلق ذلك بمصادر المادة الخام ونوع المهارة البشرية اللازمة ونوع التجهيزات الإنتاجية، وسر الإنتاج ذاته.

#### رابعاً : التصميم المبني :

عندما يتضح أن الفكرة مقبولة اقتصادياً وماليا تأتي الخطوة التالية الخاصة بوضع تصميم مبني للمنتج عادة ما يطلق عليه نموذج Prototype يتم الاعتماد عليه في عمليات الاختبار والتقديم للسوق.

وغنى عن الذكر القول بأن قرار تصميم المنتج من القرارات المهمة التي تؤثر بشكل مباشر على قدرة المنشأة على تحقيق الأرباح والاستمرار في السوق. فمن الناحية المالية نجد أن عنصر التكلفة يتوقف إلى حد كبير على نوع التصميم الذي تم التوصل إليه نظراً لأن قرار التصميم يتضمن:

(1) تحديد الوظيفة (أو الوظائف) التي سوف تقدمها السلعة.

(2) تحديد التصور العام لشكل المنتج.

(3) تحديد نوع المواد التي سوف تستخدم في تصنيع المنتج.

(4) تحديد الأجزاء الرئيسية التي سوف يتكون منها المنتج وشكل كل جزء.

(5) تحديد الأبعاد الخاصة بالمنتج ككل وكذلك تلك الخاصة بالأجزاء.

(6) تحديد نوع التشطيب والألوان اللازمة.

ومن الواضح أن كل تلك العناصر تؤثر بشكل مباشر على تكلفة إنتاج المنتج. أما عن الناحية التسويقية فلا شك أن السلعة أو الخدمة التي تقدمها المنشأة تشكل لدى المستهلك الانطباع العام عن تلك المنشأة، وقد يكون التصميم التميز، والمبتكر، كما هو في صناعة الملابس الجاهزة، هو العنصر الحاكم لدرجة قبول المستهلك لتلك السلعة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن جهاز البحوث والتطوير R&D هو الذي يتولى إعداد هذا البناء النموذجي المبني للمنتج في المنشآت الكبيرة أما في المنشآت الصغيرة فقد يتم ذلك بتعاون إدارات متعددة أو الاستعانة ببعض الشركات المتخصصة في عملية التصميم، وقد يصل الأمر إلى التصميم عن طريق التقليد Design-By-Imitation في المنشآت ذات الإمكانيات المالية المحدودة، حيث يعد ذلك أمراً واضحاً في صناعة الإلكترونيات.

وعادة ما يتم في هذه المرحلة تقديم عدة تصميمات ونماذج يتم المفاضلة بينها بناءً على الأداء والتكاليف ومستوى الجودة. فإذا ما تم التوصل إلى عدد محدود من التصميمات يكون أساس المفاضلة بعد ذلك هو إمكانية النجاح الاقتصادي من حيث التكلفة والعائد.

#### خامساً : اختبار المنتج والتصميم النهائي :

وتهدف هذه المرحلة إلى التأكد من قدرة المنتج الجديد على الأداء. ومن الطبيعي أن تبدأ تلك الخطوة بتحديد شكل الأداء المتوقع من المنتج بشكل تفصيلي. فإذا كان الأمر يتعلق بسيارة فإن الأداء أساساً يكون في شكل قدرة السيارة على الوصول إلى السرعة المطلوبة، ومعدل استهلاك البنزين، وقدرتها على العمل في الظروف الشاقة، ودرجة تحمل الدهانات الخارجية، وقدرة جهاز الفرملة على العمل بكل دقة، وتحمل الصدمات، أما إذا كان الأمر يتعلق بجهاز تليفزيون فالأمر ينصب هنا على وضوح الصورة، وضوح الصوت، القدرة على الاستقبال، العمل في ظل ظروف تغير التيار، العمر الافتراضي ... الخ.

وعادة ما تقوم المنشآت في تلك المرحلة بعمل عدة اختبارات للتصميم المبني فكلما كانت هناك درجة عالية من الخطورة في حالة فشل المنتج (أو الجزء من المنتج) كانت هناك حاجة أكبر إلى القيام بعدد من الاختبارات وإجراء تحليل من التحسينات قبل التوصل إلى التصميم النهائي، وفي هذه المرحلة يجب أن تؤخذ في الحسبان بعض المقاييس التي تستخدم للحكم على جودة التصميم وهي:

(1) قدرة السلعة على الأداء Performance.

وهي قدرة السلع على القيام بالوظائف الأساسية التي صممت من أجلها.

(2) السمات المميزة للمنتج Features.

### سادساً: تقديم المنتج تجارياً في السوق:

وتعتبر هذه الخطوة الأخيرة في عملية اختيار وتصميم المنتج، حيث يتم فيها بذل الجهود التسويقية لتقديم المنتج بما يتضمنه ذلك من تمهيد المستهلك وبذل حملات تعريفية بالمنتج والقيام بالدعاية والإعلان عنه. وتعتبر هذه الخطوة من أهم الخطوات لأنه ليس هناك أي ضمان لنجاح المنتج في السوق بشكل تلقائي. فقد أوضحت الدراسات أن واحد فقط من حوالي ستين فكرة جديدة يتم لها النجاح النهائي في السوق (Menipaz). ولذلك فمن الضروري في مرحلة التقديم أن يتم الاعتماد على استقصاءات السوق للتعرف على درجة رضا المستهلك عن السلعة، ورصد أية تغيرات في تلك الرغبات بحيث يمكن إعادة النظر في التصميم بشكل سريع إذا لزم الأمر.

وهي تلك الخصائص التي تجعل المنتج مميزاً عن غيره من المنتجات المشابهة بسبب خاصية تكنولوجية متقدمة - ومثال ذلك إمكانية عرض أكثر من قناة في الوقت نفسه بالنسبة لجهاز التلفزيون.

### (3) الاعتمادية أو درجة الجودة Reliability.

وهي احتمال نجاح المنتج في القيام بوظيفة معينة خلال فترة زمينة معينة وفي ظل ظروف التشغيل العادية.

### (4) الإصلاح والصيانة Serviceability.

وهي إمكانية وسهولة وسرعة ودقة عملية الإصلاح والصيانة.

### (5) البساطة في التصميم Simplification.

ويقصد بها استبعاد كل الخصائص التي ترفع تكلفة الإنتاج وتكلفة ما بعد البيع.

### (6) تكلفة التصميم Cost.

ويتضمن ذلك تكلفة الإنتاج العالية وتكلفة الصيانة والإصلاح طول فترة استخدام المنتج.

### (7) الأثر على البيئة Environmental Impact.

حيث يجب ألا يتضمن المنتج أية آثار ضارة على البيئة، وقد تكون من المميزات الأساسية له أنه لا ينطوي على مثل هذه الآثار الجانبية.

### (8) سهولة الإنتاج Productability.

فلا يجب أن يستلزم التصميم عدداً من التعقيدات التي تصعب من إمكانية تنفيذ التصميم في حدود التجهيزات الفنية والإمكانات البشرية المتاحة.

## الفصل السادس

### التنبؤ بالطلب

### Demand Forecasting

- مقدمة.
- استخدامات التنبؤ.
- طرق التنبؤ بالطلب:
- العوامل التي تؤثر في اختيار أسلوب التنبؤ.
- أسلوب الوسط المتحرك البسيط.
- أسلوب الوسط المتحرك المرجح.
- الطريقة الأسية.
- طريقة الاتجاه العام.
- طريقة العلاقة السببية.
- النقطة في عملية التنبؤ.

## مراجع الفصل

- 1- Champy, James, Reengineering Management, London, Harper Collins Publisher, 1995.
- 2- Heizer, Jay and Barry Render, Production and Operations Management, Second Edition, Boston, Allyn and Bacon, 1991.
- 3- Menipaz, Ehud, Essentials of Production and Operations Management, New Jersey, Prentice-Hall, Inc, 1984.
- 4- Murdick, Robert, Barry Render and Roberta Russell, Service Operations Management, Boston, Allyn and Bacon, 1990.
- 5- Stevenson, Williams, Production / Operations Management, Fourth Edition, Homewood, IL, Irwin, 1993.
- 6- Vonderembse, Mark and Gregory White, Operations Management: Concepts, Methods, and Strategies, New York, West Publishing Company, 1988.

## الفصل السادس

### التنبؤ بالطلب

#### Demand Forecasting

يتناول هذا الفصل التنبؤ Prediction بالطلب الخارجي على سعة المنشأة. ويقصد بذلك الطلب الذي يأتي أساساً من خارج المنشأة. فنحن لا نتناول في هذا الفصل الحالات التي يتم فيها استخدام السعة المنتجة بواسطة المنشأة ذاتها. ومثال ذلك قيام المنشأة بإنتاج المواد اللازمة لعملية تجميع السيارة التي تقوم بإنتاجها. فالطلب الذي يأتي من خارج المنشأة على سعتها النهائية هو الذي يحكم إلى حد كبير قدرة المنشأة على تحقيق معدلات العائد المتوقعة على الأموال المستثمرة. فعند التعرض لتحليل التعادل أوضحنا أن رقم الطلب، مترجماً في شكل خط الإيرادات المتوقعة، يحكم قدرة المنشأة على تحقيق أرباح. فربما لا يكون هناك طلب كافٍ يبرر الاستمرار في إنتاج منتج معين أو حتى البدء في إنتاجه. ومن جهة أخرى قد يكون رقم الطلب الذي يمثل حداً أدنى للطلب الذي يحقق أرباحاً رقماً لا تستطيع المنشأة إنتاجه نظراً لحدودية الطاقة أو لعدم توافر التكنولوجيا اللازمة لتحقيق هذه المعدلات من الإنتاج. ويعني ذلك أن تقدير الطلب المتوقع، واحتمال استمراره في المستقبل يمثل حجر الزاوية في مدى كفاءة القيام بالعملية التحويلية.

فعلى سبيل المثال، عندما يفكر مدير إحدى المستشفيات في إضافة غرفة طوارئ فإنه يجب أن يكون لديه تقدير مقبول للطلب على هذه الغرفة حتى يمكنه أن يقرر عند الأسرة الموجودة بها، ومساحة المكان المخصص للانتظار، وما شابه ذلك. وبمجرد أن يتم إنشاء الوحدة الجديدة، فإنه يحتاج إلى تنبؤ أكثر تفصيلاً عن الطلب المتوقع في كل يوم من أيام الأسبوع، بل وعند الحالات المتوقعة أن تصل إلى غرفة الطوارئ خلال الورديات المختلفة من اليوم. فمن طريق هذا التقدير التفصيلي للطلب يمكنه أن يحدد جداول تشييل الأفراد العاملين، سواء الإداريين أو الأطباء والمرضى، بشكل يضمن عدم وجود طاقات عاطلة مع إمكانية تقديم الخدمة عند الحاجة إليها. ويعد هذا الأمر صحيحاً أيضاً في جميع المنشآت الصناعية. فمن طريق معرفة رقم الطلب

المتوقع يمكن عمل خطة الإنتاج الإجمالية، وجداول الإنتاج، وتخطيط مستلزمات المواد، بالإضافة إلى تحديد حجم العمالة اللازمة وجداول تشغيلها.

وبهنا هنا أن نحدد في البداية أن الأساليب المستخدمة في التنبؤ بالطلب والتي سوف نعرض لها فيما بعد، يمكن أن تستخدم أيضاً في مجالات أخرى من التنبؤ. فهي تستخدم على سبيل المثال في توقع التطور في التكنولوجيا الحديثة، وفي التنبؤ بالأحوال الاقتصادية التي سوف تسود مثل أسعار الفائدة، ومستويات الدخل، ومستوى التضخم المتوقع. كذلك فإنه يمكن استخدام ذات الأساليب في تقدير القيم للتوقعة لأموال أكثر تفصيلاً داخل المشروع مثل فترة التوريد، ومعدل الضياع المادة الخام، اتجاهات التكلفة، اتجاهات الإنتاجية الإجمالية وعلى مستوى الأقسام.

### □ استخدامات التنبؤ:

يمكننا الآن القول بأن أرقام الطلب المتوقع يمكن أن تستخدم في ثلاثة أغراض أساسية في المنشآت هي:

1- للتأكد من أن الطلب المتوقع يكفي لتحقيق العائد المرغوب من جانب المشروع. فإذا كان هناك طلب على السلعة يمكن تحقيقه ولكن عند مستوى منخفض جداً من الأسعار يصعب معه تغطية التكاليف، فإن المشروع سوف يقرر عدم الإنتاج، حيث إنها سوف لا تكون عملية مربحة.

2- لتحديد احتياجات تخطيط الطاقة طويلة الأجل. فمن قرارات تخطيط الإنتاج ما هو مرتبط بسنوات طويلة في المستقبل. وذلك مثل تخطيط التوسعات في المباني والمنشآت والألات. وبالطبع تتبني هذه التوسعات على تحديد أرقام الطلب المتوقعة في المستقبل وفترات طويلة (عادة من 5 إلى 10 سنوات). فمثل هذا القرار الخاص بالطاقة في المستقبل عادة ما يصعب الرجوع فيه ويترتب عليه تكاليف ثابتة يتحملها المشروع لفترات طويلة. فإذا لم تكن هناك أرقام الطلب التي تضمن استخدام تلك الطاقة فسوف يترتب على ذلك وجود طاقات عاطلة. ويمكننا أن نلاحظ ذلك في قطاع الفنادق في السوق

المصرية الآن. فبعد انتهاء حالة الحرب وتحقق أعداد كبيرة من السائحين إلى مصر ظهر عجز كبير في عدد الفنادق والأماكن السياحية. وبناء على ذلك ظهرت مؤسسات فندقية ذات طاقة كبيرة ولكنها للأسف الشديد تمت دون تأكد أو دراسة لمعدل نمو الطلب على السياحة في مصر لفترات طويلة. وكانت النتيجة وجود نسب اشغال منخفضة جداً في قطاع الفنادق في الوقت الحاضر وهذه تمثل طاقة عاطلة.

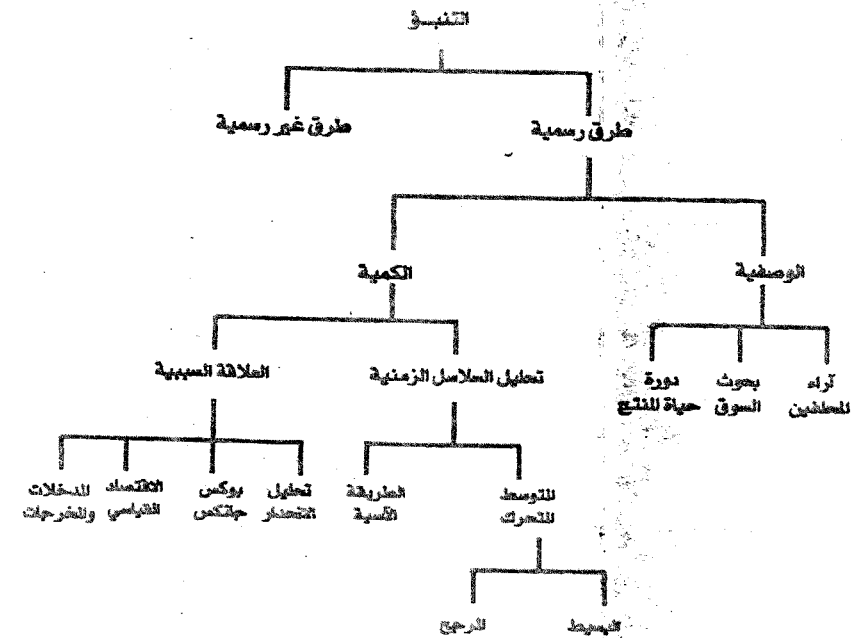
كذلك أيضاً فإن العكس غير مقبول. فإذا كانت التوقعات المقررة للطلب منخفضة عما سوف يسود في المستقبل. وبناماً عليها تم تخطيط طاقة محدودة لفترات طويلة. فإن المشروع قد يفقد فرصاً كبيرة كان يمكنه تحقيق أرباحاً طائلة منها وذلك في حالة ارتفاع أرقام الطلب عن القيم المتوقعة. ومثال ذلك ما هو سائد في توسعات قطاعات الصناعات الغذائية والسيارات والتي بالتأكيد لم تأخذ في الحسبان الطلب المتوقع لفترات طويلة قادمة. كما أن القول نفسه ينطبق على قطاع الخدمات. فعند تخطيط شبكة الصرف الصحي في منطقة معينة يجب تقدير طاقة هذه الشبكات بناء على عدد الأفراد المقيمين في هذه المناطق لسنوات عديدة قادمة.

3- للوقوف على درجة التذبذب Fluctuation الموجودة في الطلب في الفترات قصيرة الأجل (أسبوع إلى ثلاثة أشهر). ويرجع ذلك أساساً إلى اعتماد وظيفة تخطيط الإنتاج الإجمالي Planning Aggregate Production على هذه الأرقام. فكما سوف نرى، فإن تخطيط الإنتاج يهدف إلى مواجهة التذبذب في أرقام الطلب عن طريق تحديد مستويات إنتاج لكل فترة وعدد العاملين وكمية المخزون اللازمة لها وذلك بأقل تكلفة ممكنة. وبذلك فإن التنبؤ يعد أساساً للوصول إلى أعلى إنتاجية ممكنة عند استخدام الموارد المتاحة حيث إنه يتيح فرصة زمنية للتخطيط لمواجهة التغير المتوقع في هذا الطلب مستقبلاً.



## □ طرق التنبؤ بالطلب :

يمكن تقسيم طرق التنبؤ بالطلب بأكثر من طريقة، واحد من تلك الطرق في التقسيم هو الذي نوضحه في الشكل ( 6 - 1 ).



شكل (6-1)

أما الأساليب غير الرسمية فهي - كما يبدو من اسمها - لا تعتمد على منهج محدد يمكن للأشخاص الاعتماد عليه ولكنها تقوم على البديهة Intuition وسرعة الفهم، أو تخمين بدائع لحظي Spur-of-the moment guesses، أو توقعات بالفطرة Seat - of-the-pants predictions. وسوف نركز جهودنا في هذا الفصل على بعض الأساليب الرسمية فقط.

أما النوع الأول من الأساليب الرسمية فهو الطرق الوصفية Qualitative التي عادة ما تستخدم في عمل التوقعات طويلة الأجل، وبصفة خاصة حينما تلعب متغيرات كثيرة خارجية دوراً كبيراً في الأرقام المتوقعة للطلب ( ومثال ذلك التنبؤ بأرقام الطلب على البترول خلال الأزمة العالمية للبترول في 1974 وما بعدها ). كذلك فإن هذه الأساليب الوصفية تستخدم بكثرة عندما لا تتوافر البيانات التاريخية عن أرقام الطلب السابقة على سلعة معينة، أو عندما تكون هذه البيانات محدودة. ومثال ذلك عند محاولة تقدير الطلب على منتج جديد يقدم لأول مرة في السوق.

أما الأساليب الكمية Quantitative والتي تعتمد على البيانات التاريخية عن الطلب كأساس لتقدير الطلب المستقبلي، أو تلك المجموعة التي تسمح بإدخال عناصر أخرى خارجية في التحليل. وتعرف المجموعة الأولى بمجموعة تحليل السلاسل الزمنية Time Series Analysis أما الثانية فتسمى بالأساليب التي تقوم على العلاقة السببية Causal. وتمتاز المجموعة الأولى بأنها أبسط الأساليب الكمية وينطوي تحتها أسلوب المتوسط المتحرك ( البسيط والرجح ) والطريقة الأسية، وتحليل الاتجاه، والأرقام المعدلة لأثر الموسمية، والأرقام المعدلة لأثر الدورة. ومن الواضح أن هذه الأساليب البسيطة التي تستخدم في تحليل السلاسل الزمنية تصلح فقط للتنبؤ قصير الأجل جداً، ويرجع ذلك إلى أنها تفترض ثبات كثير من المتغيرات الخارجية المحيطة. ولا ينصح باستخدامها في ظل ظروف التغير الشديدة على مستوى الصناعة أو على المستوى القومي أو في تحليلات الأجل الطويل.

أما الأساليب التي تقوم على العلاقة السببية Causal، والتي عادة ما تكون معقدة، فهي تتضمن أرقاماً تاريخية عن عوامل خارجية من شأنها أن تؤثر على الطلب على السلعة، وتستخدم فيها أساليب إحصائية أكثر تقدماً وتعد مناسبة أكثر للتنبؤ متوسط الأجل ( بين القصير وطويل الأجل ).

ويهمنا الإشارة إلى أن هناك العديد من برامج الكمبيوتر الجاهزة Soft wares التي يمكن الاعتماد عليها في استخدام تلك الأساليب الكمية وقد تكون هذه البرامج موجودة ضمن برامج كبيرة أشمل لاستخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية

ومثال ذلك برامج DSS for P/OM, P.O.M.S., +QSB أو قد تكون ضمن برامج معالجة الأساليب الإحصائية مثل: MINITAB , MICRO STAT , SPSS . كذلك فهناك بعض البرامج المتخصصة التي تعالج فقط أساليب التنبؤ بشكل تفصيلي، ومثال ذلك Business and Economic Forecasting (DSSS).

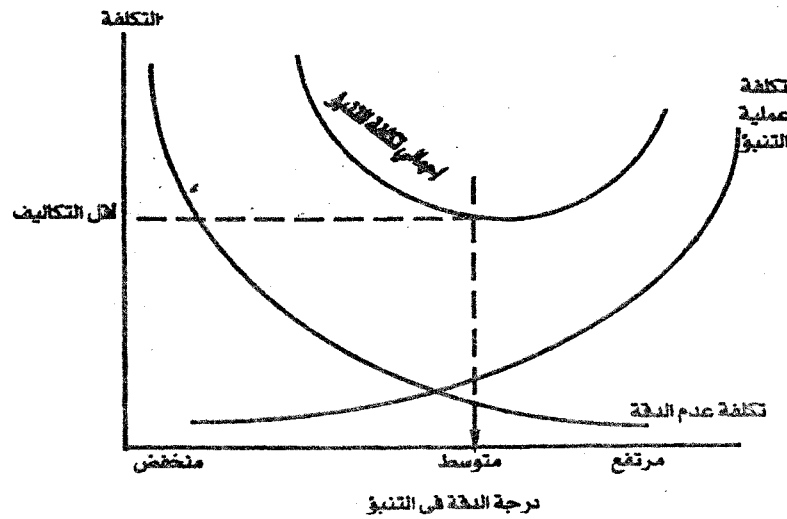
### □ العوامل التي تؤثر في اختيار أسلوب التنبؤ :

تتوقف عملية اختيار الطريقة التي يتم بها التنبؤ على عوامل عديدة أهمها :

1- مدى توافر البيانات التاريخية عن الطلب .. ففي حالة توافر تلك البيانات يمكن الاعتماد على الأساليب الكمية. أما في حالة عدم توافرها فإن الأساليب الوصفية تكون هي الأكثر ملاءمة. وبهنا هنا أن نوضح أن هذه البيانات دائماً ما تكون مفيدة فهي أفضل من لا شيء. فلا يجب أن تكون حتماً عن فترات طويلة، أو بالضرورة مكتملة عن كل الفترات، أو حتى تخص السلعة ذاتها التي يتم التنبؤ لها. فيمكن دائماً استخدام البيانات كأساس لعمل تحليلات أخرى قد تراعي عوامل أخرى في الحسبان بل وأساليب أخرى في التنبؤ.

2- مقدار الوقت والأموال المتاحة .. كلما قلت الموارد المتاحة، في شكل الأموال أو الوقت، كان ذلك مدعاة لاستخدام أساليب أقل تقدماً Unsophisticated. وبصفة عامة فإن الإدارة تحاول أن تقلل ليس فقط تكلفة القيام بالتنبؤ ولكن أيضاً تكلفة التنبؤ غير الدقيق Inaccurate. وبمعنى آخر، فإن الإدارة تسعى إلى تقليل التكاليف الكلية. أما تكلفة عدم الدقة في التنبؤ فإنها تتضمن كل أنواع التكلفة التي تترتب على القرارات الخاطئة المترتبة على تنبؤات غير دقيقة ومثال ذلك تكلفة الاحتفاظ بعدد من الوحدات أو إنتاج عدد من الوحدات أعلى أو أقل من الرقم الواجب الاحتفاظ به أو إنتاجه. ففي المنشآت التجارية، عندما ينخفض رقم الطلب الفعلي عن الطلب المتوقع يترتب على ذلك وجود مخزون زائد يمثل رأس مال عاطل وله تكلفة الاحتفاظ الخاصة به.

كذلك فإن زيادة رقم الطلب الفعلي عن الطلب المتوقع يترتب عليها عدم كفاية المخزون المتاح مما قد يعرض المنشأة لأن تفقد المستهلك. كما أنه يمثل فرصة ضائعة على المنشأة لم تستغل في تحقيق أرباح. ورغبة من الإدارة في تقليل تكلفة عدم الدقة في التنبؤ فإنها تلجأ إلى استخدام أساليب تنبؤ أكثر تقدماً ولكنها أيضاً تستلزم تكلفة مرتفعة عند تطبيقها. والأمر إذن هو عملية مقارنة بين العائد والتكلفة كما في الشكل (6-2). وبهنا هنا أن نوضح أن هناك عدداً من المشاكل في عملية قياس عدداً من أنواع هذه التكلفة، ولذلك فإن الوصول إلى ما يسمى بالأسلوب الأمثل يعد أمراً نادراً في أحيان كثيرة.



شكل (6-2)

وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن انتشار برامج الكمبيوتر الجاهزة - التي أشرنا إلى بعضها من قبل - والتي تستخدم في عملية التنبؤ وانخفاض أسعارها بشكل كبير في السنوات الأخيرة من شأنه أن يجعل من الأفيد للمشروعات من حيث التكلفة والعائد أن تستخدم

أساليب متقدمة أكثر وذلك يؤدي على الرسم إلى تحرك الحل ( الأسلوب ) الأمثل إلى اليمين.

3- درجة الدقة المطلوبة: إذا كان من الضروري أن تكون الأرقام المقدرة للطلب على درجة عالية من الدقة فإن الأساليب الأكثر تقدماً تكون هي المطلوبة. وبصفة عامة فإن التنبؤ طويل الأجل (3-10 سنوات) لا يستلزم درجات عالية من الدقة حيث أنه يستخدم لأغراض التخطيط العام الإجمالي. بينما يستلزم التنبؤ قصير الأجل (من الأسبوع إلى عدة شهور) درجة عالية من التنبؤ نظراً لأن جداول تشغيل الآلات والعمال التفصيلية وخطط المواد اللازمة تقوم عليه في عملية التخطيط قصير الأجل.

وسوف نعرض في الأجزاء القادمة أبسط الأساليب الكمية المستخدمة في التنبؤ بالطلب وأكثرها انتشاراً. وذلك لا يعني بالطبع أنها أكثر الأساليب كفاءة وأفضلها. فالأساليب الأكثر تقدماً تتطلب بعض الأساليب الرياضية والإحصائية التي تعتقد أنها تخرج عن نطاق هذا الكتاب<sup>(\*)</sup>.

#### □ المتوسط المتحرك البسيط : Simple Moving Average :

إن نقطة البدء في أساليب التمهيد Smoothing، هي افتراض أن المطلوب هو تقدير الرقم الذي يأتي مباشرة تالياً في تسلسل لمجموعة من القيم بينها ما يسمى بالاختلاف الإحصائي Statistical Variation. فالأساس أن هذه الأرقام التي سوف تستخدم كأساس للتقدير أرقاماً غير متساوية ولا كانت عملية تمهيد هذه الأرقام غير ذات معنى. فالتمهيد هنا مقصود به الوصول إلى قيمة متوسطة تأخذ في الحسبان هذا التباين الإحصائي والذي يعتبر اختلافاً أساسياً مهماً Significant يتوقع أن يستمر في المستقبل.

ومن أبسط الأساليب الذي يمكن استخدامها لتحقيق ذلك حساب ما يسمى بالوسط المتحرك Moving Average. وعلى الرغم من بساطة هذا الأسلوب إلا أنه أكثر

أساليب التمهيد شيوعاً. وواضح من الاسم أنه يعتمد على تقدير الوسط. والوسط ببساطة هو متوسط أكثر من رقم. وبحسب مجموع هذه الأرقام ثم قسمتها على عددها. أما لفظ "المتحرك" هنا فيعبر عن خاصية مهمة عند القياس وهي أن الأرقام أو القيم التي تستخدم لحساب المتوسط في فترة معينة تختلف عن الأرقام التي تستخدم لحساب المتوسط للفترة التالية عليها، ولكن بينهما علاقة حسابية معينة. وهي أن جزءاً من الأرقام المستخدمة في فترة ما يدخل في حساب متوسط الفترة التالية.

ويمكن التعبير حسابياً عن ذلك كما يلي :

$$م = \frac{ف_1 + ف_2 + ف_3 + ..... + ف_n}{n}$$

حيث:

م = المتوسط المتحرك المقدر في نهاية الفترة السابقة ت - 1،

وهو أيضاً رقم الطلب المتوقع للفترة الحالية ت .

ف = رقم الطلب الفعلي للفترة السابقة على الفترة الحالية.

ن = عدد الفترات الأخيرة المستخدمة في حساب المتوسط المتحرك.

ت = هي الفترة الحالية والتي يتم لها التنبؤ.

ويعنى ذلك أنه لتقدير الطلب للفترة القادمة يجب أن يكون لدينا مجموعة من البيانات عن الطلب الفعلي خلال مجموعة من الفترات (ن) السابقة مباشرة على فترة التقدير. وتستخدم هذه القيمة (ن) في تحديد نوع الوسط المتحرك الواجب استخدامه. فعندما نذكر (6 - فترات) متوسط متحرك، فإننا نعني تلقائياً استخدام آخر ست فترات والسابقة مباشرة على الفترة التي يتم لها التقدير في القيام بعملية التنبؤ بالطلب.

(\*) للمزيد من الإطلاع انظر كتاب تخطيط ومراقبة الإنتاج \* للمؤلف .

### مثال (6-1).

باستخدام أرقام الطلب الفعلية المتوفرة عن إحدى السلع خلال الخمس سنوات السابقة، احسب رقم الطلب المتوقع للفترة السادسة باستخدام (3- فترات) متوسط متحرك.

السنة	1980	1981	1982	1983	1984
الطلب الفعلي	24	46	84	44	26

الحل:

بتأمل المعادلة يمكن وضع المطلوب كما يلي :

$$\bar{M}_{1985} = \frac{F_{84} + F_{83} + F_{82}}{3}$$

وذلك على أساس أن  $n = 3$  فترات.

ويعني ذلك باستخدام القيم المتاحة أن:

$$\bar{M}_{1985} = \frac{84 + 44 + 26}{3} = \frac{154}{3} = 51,3 \text{ وحدة تقريباً.}$$

حتى الآن يلاحظ أن معنى "المتحرك" لم يتضح بمثال رقمي. لذلك دعونا نفترض أنه في نهاية عام 1985 وفي المثال السابق لتضح أن رقم المبيعات الفعلية هي 50 وحدة فقط. والمطلوب الآن استخدام الأسلوب نفسه في عمل تقدير للفترة التالية 1986.

لتقضي طريقة الوسط المتحرك الاعتماد على مجموعة القيم الأخيرة فقط. ولذلك تكون القيمة المقترحة لعام 1986 معتمدة على قيم 1985، 84، 83 فقط، كما يلي:

$$\bar{M}_{1986} = \frac{50 + 26 + 44}{3} = \frac{120}{3} = 40 \text{ وحدة.}$$

ويلاحظ هنا أن الذي حدث في مجموعة القيم المستخدمة هو أن القيم التي استخدمت لتقدير طلب 1986 هي القيم التي استخدمتها لتقدير طلب عام 1985 مع إضافة قيمة جديدة (القيمة الأحدث) هي 50 وإسقاط قيمة سابقة (أقدم القيم) هي 84 والخاصة بالفترة 1982 والتي تخرج الآن عن نطاق الثلاث فترات الأخيرة الواجب استخدامها في عملية التقدير. وبالنسبة لنفسه فإن تقديرات الطلب لعام 1987 تقضي إضافة رقم الطلب الفعلي لعام 1986 وإسقاط الطلب الفعلي لعام 1983 من مجموعة البيانات المستخدمة Data Base. ويتضح من هذا أن هذه البيانات يتم تعديلها بإضافة مع الأرقام الجديدة مع إسقاط القيم القديمة، وكأننا نقوم بعملية تحريكها إلى الأمام. ولعل ذلك يفسر ببساطة السبب في تسميتها بالمتحركة Moving.

ويهمنا هنا أن نوضح أن توافر خمسة أرقام عن الطلب الفعلي في المثال السابق تمثل قديماً على عدد الفترات التي يمكن استخدامها في التنبؤ بالطلب للفترة السادسة. فلا يمكن مثلاً تقدير الطلب للفترة 1986 باستخدام (6- فترات) متوسط متحرك. وعلى الناحية الأخرى يمكن استخدام فترتين أو ثلاثة أو أربعة أو حتى خمسة في تقدير الطلب.

**والسؤال الآن: ما هو تأثير التغير في عدد الفترات المستخدمة (ن) على الأرقام المقترحة؟**

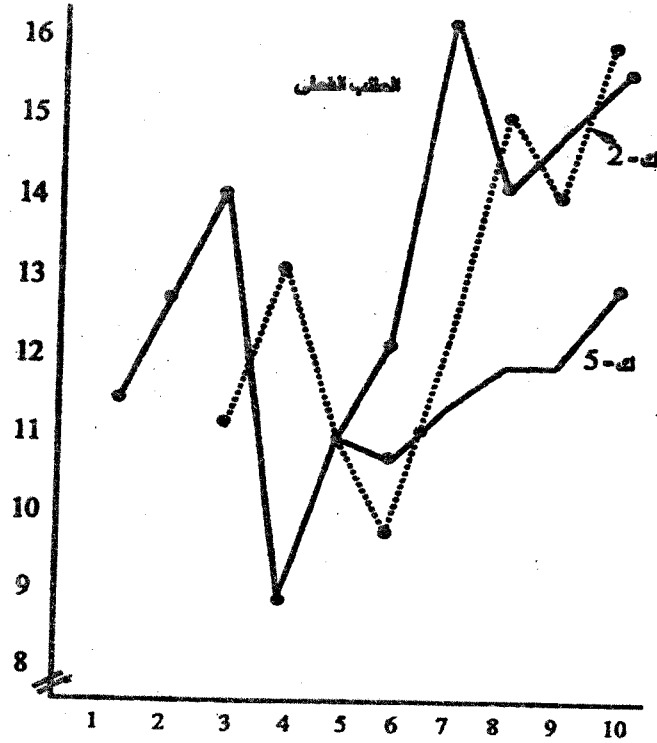
لإيضاح ذلك دعنا نأخذ مثال آخر.

### مثال (6-2).

فيما يلي أرقام الطلب الفعلية المتاحة عن عشر فترات والمطلوب حساب متوسط متحرك على أساس فترتين فقط ومتوسط متحرك آخر على أساس آخر خمس فترات. ومقارنة القيم في كل حالة.

الحل:

\* رأينا أن نورد أرقام الطلب الفعلية والمتوسطات المقترحة في جدول واحد توفيراً للجهد والمساحة، وذلك على النحو التالي:



شكل (3-6)

والذي يتضح منه أن أرقام الوسط المتحرك عند  $n = 5$  أكثر استواءاً من الأرقام للفترة على أساس  $n = 2$ ، كتأثير عامة، كلما زاد عدد الفترات التي يتم على أساسها حساب الوسط المتحرك كانت استجابة الطلب للتوقع للتغير في الطلب الفعلي أقل، والعكس صحيح. فالعلاقة بين درجة الاستجابة وعدد الفترات المستخدمة هي علاقة عكسية.

ويجب أن يكون واضحاً هنا أن ذلك لا يعني تفضيل القيمة للارتفاع للمتغير. فعندما يتسم الطلب بالثبات النسبي في أغلب الأحيان يكون من المرغوب عند أكبر من الفترات. أما إذا كانت طبيعة الطلب هي التقلب الكبير لأسباب تعتقد باستمرارها في المستقبل فإن استخدام قيمة منخفضة لعدد الفترات يكون هو الأفضل. وسوف نوضح فيما بعد كيفية المقارنة بين أكثر من قيمة للمتغير اعتماداً على أخطاء التقدير.

الفترة	الطلب الفعلي	(فترة 2) متوسط متحرك	(فترة 5) متوسط متحرك
1	10		
2	12		
3	14	11	
4	8	13	
5	11	11	
6	12	9.5	11
7	16	11.5	11.4
8	14	15	12.2
9	15	14.5	12.2
10	16	16.5	13.6

يتضح من هذا الجدول أن أول فترة يمكن تقدير الطلب لها هي الفترة الثالثة في حالة (2 - فترة) متوسط متحرك نظراً لحاجتنا على الأقل إلى فترتين سابقتين على التقدير. وكذلك فإن الفترة السادسة هي أول فترة يمكن عمل تقدير لها في حالة (5 - فترة) متوسط متحرك.

ويرسم هذه الأرقام الفعلية والمقدرة يمكن ملاحظة أثر التغير في  $n$  على استجابة الأرقام المقترحة للتغير في أرقام الطلب الفعلية وذلك كما في الشكل (3-6)

## □ المتوسط المتحرك المرجح : Weighted Moving Average :

من العيوب الأساسية لأسلوب الوسط المتحرك البسيط أن كل أرقام الطلب التاريخية السابقة لها الوزن النسبي نفسه في عملية الحساب. فقد تم جمعها ثم قسمة المجموع دون تمييز بينما تعتقد الإدارة أنه أكثر أهمية في التأثير على المستقبل. وتحاول طريقة الوسط المتحرك المرجح معالجة هذا النقص بإعطاء أوزان نسبية لكل رقم مستخدم. فإذا كنا بصدد تقدير أرقام الطلب على الطاقة الكهربائية من قبل المنازل في يوم الجمعة أو في مساء الخميس فإن المتوسط البسيط لاستهلاك الكهرباء خلال الأسبوع قد لا يعد ملائماً لأنه بالضرورة سوف يكون أقل من الرقم الفعلي. ويرجع ذلك إلى أن الاستهلاك يكون في أقصاه في مثل تلك الفترات. ولذلك قد يكون من الأفضل أخذ متوسطات الاستهلاك للفترات المشابهة نفسها سابقاً أو الاعتماد على أسلوب الوسط المرجح، وذلك بعمل وزن نسب أعلى لأرقام الاستهلاك في تلك الفترات. ويكون ذلك باستخدام المعادلة التالية:

$$\bar{X}_n = (و1) + (و2) + \dots + (و\text{ف})$$

حيث:

$$\bar{X}_n = \text{المتوسط المتحرك المرجح المقدر في نهاية الفترة السابقة } t-1,$$

وهو أيضاً رقم الطلب المتوقع للفترة الحالية .

$$\text{ف} = \text{رقم الطلب الفعلي للفترات السابقة على الفترة الحالية.}$$

$$\text{و} = \text{معامل الترجيح الذي يعبر عن الوزن النسبي للطلب الفعلي لكل فترة.}$$

$$\text{ن} = \text{عدد الفترات الأخيرة المستخدمة في حساب المتوسط المتحرك.}$$

$$\text{ت} = \text{هي الفترة الحالية والتي يتم لها التنبؤ.}$$

وفيها أيضاً :

$$1 \leq \text{و} \leq \text{صفر ومع} (و) = 1 \text{ لكل الفترات ن.}$$

كذلك فإنه في غالب الأحيان تعطي وزناً نسبياً أعلى للفترات الأخيرة والتي تمثل معلومات أحدث عن الطلب. ولكن ذلك بالطبع ليس شرطاً فيمكن التوزيع النسبي للأهمية حسب ما يراه متخذو القرار. فعندما تقرر الإدارة مثلاً الاعتماد على (4- فترة) متوسط متحرك مرجح على أساس 35، 35، 15، 15، أوزاناً نسبية فإن ذلك يعني أن الفترة الأخيرة والتي قبلها (الثالثة والرابعة) يعتبران ذا أهمية أكبر من الفترات الأولى والثانية.

مثال (6-3).

فيما يلي بيانات الطلب الفعلي الخاص بإحدى السلع للفترات الأربعة الأخيرة :

الفترة	1	2	3	4
الطلب	58	60	62	65

والمتوسط:

1- تحديد رقم الطلب المتوقع للفترة الخامسة باستخدام (4- فترة) متوسط

متحرك وعلى أساس أن الأوزان النسبية هي 0.7، 0.1، 0.1، 0.1.

2- يفرض أن الطلب الفعلي للفترة الخامسة هو 70، استخدم القاعدة نفسها في تقدير طلب الفترة السادسة.

الحل :

طالما أن الأوزان النسبية ذكرت دون تخصيص فإن الأساس هو إعطاء أعلى الأوزان للقيم الأحدث في المعلومات ولذلك فإن:

$$\bar{X}_5 = 65 \times 0.7 + 62 \times 0.1 + 60 \times 0.1 + 58 \times 0.1 = 63.5 \text{ وحدة.}$$

$$\bar{X}_6 = 60 \times 0.7 + 65 \times 0.1 + 62 \times 0.1 + 60 \times 0.1 = 73.3 \text{ وحدة.}$$

## □ الطريقة الأسية : Exponential Smoothing Method

يعاب على طريقتي المتوسط البسيط والمتوسط المتحرك أن كليهما تحتاج إلى الاحتفاظ بالبيانات التاريخية السابقة اللازمة لحساب المتوسط لفترات طويلة. ويرجع ذلك إلى أنه يتم إعادة استخدام ذات الأرقام للقيام لأكثر من فترة زمنية في عملية التقدير. ويعد ذلك عبئاً كبيراً على القائمين بعملية التقدير. كذلك فإن طريقة الوسط المتحرك المرحح تتضمن ترجيح فقط السنوات التي يتم استخدامها في عملية التنبؤ. وللتغلب على هذين العيبين ظهرت طريقة التمهيد الأسّي Exponential Smoothing.

وفي ظل هذه الطريقة يتم حساب المتوسط - كما في الطريقتين السابقتين - المهد Smoothed في نهاية الفترة كتقدير للطلب خلال الفترة التالية وذلك باستخدام قيمتين فقط هما الطلب الفعلي والطلب المتوقع للفترة الأخيرة. وبذلك فإنه لتقدير الطلب لفترة معينة لا يلزم الطلب الفعلي لكل الفترات السابقة عليها دائماً، ولكن يلزم فقط بيانات السنة السابقة عليها مباشرة فقط.

وتقوم الطريقة على البدء بآخر متوسط تم حسابه، وهو عبارة عن الطلب المتوقع الذي تم تقديره للفترات السابقة، ثم محاولة تعديله Update بناءً على ما تم حدوثه فعلاً في الفترة السابقة أيضاً. فطالما أننا في نهاية الفترة السابقة فإن ذلك يعني أن رقم الطلب الفعلي أصبح متاحاً، وبالتالي يمكن تعديل التقدير بناءً على مقدار الخطأ (الاختلاف) الذي تمت ملاحظته خلال الفترة الأخيرة. ومعنى ذلك الآتي:

$$D_t = D_{t-1} + (F - D_{t-1})$$

حيث:

$D_t$  = المتوسط المهد المحسوب في نهاية الفترة  $t$  - 1 وهو أيضاً رقم

الطلب المتوقع للفترة الحالية  $t$ .

$F$  = رقم الطلب الفعلي للفترة السابقة مباشرة.

$D_{t-1}$  = رقم الطلب المقدر للفترة السابقة مباشرة وهو أيضاً المتوسط

المهد المحسوب في نهاية الفترة  $t - 2$ .

ولكن المعادلة بهذا الشكل تعني أن رقم المتوسط المحسوب مسبقاً يتم تعديله بكل الاختلاف بين الطلب الفعلي والطلب المتوقع خلال الفترة السابقة. ويعني ذلك بلغة التوقع، أننا نعتبر أن هذا التغير جوهري ونتوقع أن يستمر بالكامل في المستقبل، ولذلك نقوم بتعديل توقع الفترة الحالية بكل هذا الاختلاف. على الرغم من سهولة ذلك حسابياً إلا أن الأمر لا يتطابق مع هذا المنطق دائماً. فقد يكون هذا التغير في رقم الطلب تغيراً عارضاً وليس دائماً، أو تغيراً نتوقع أن يستمر جزءاً منه فقط في المستقبل. ولتحقيق هذا المعنى تقوم بتعديل المعادلة السابقة لنصل إلى المعادلة العامة للطريقة الأسية وهي:

$$D_t = D_{t-1} + \alpha (F - D_{t-1}) \quad (1)$$

ويلاحظ أن الفارق بين تلك المعادلة الأخيرة والمعادلة السابقة عليها هي إضافة المتغير  $\alpha$  الذي يعبر عن معامل شرطه الأساسي هو:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

وذلك يعني أن القيمة الخاصة بالمعامل تكون دائماً رقماً صحيحاً كما إنها تنحصر بين الصفر والواحد الصحيح. وفي غالبية الأحيان تكون كسراً مثلاً 0.5، 0.3 وهكذا. أما القيمة  $\alpha = 1$  فتعني كما ذكرنا أن رقم التوقع القديم يتم تعديله بكل الاختلاف بين الفعلي والمتوقع للفترة السابقة حتى نصل إلى الرقم المتوقع للفترة الحالية. كذلك فإن القيمة  $\alpha = 0$  تعني أننا نهمل تماماً الاختلاف الذي حدث في الفترة السابقة بين الطلب الفعلي والطلب المتوقع وأننا سوف نعتبر الطلب المقدر للفترة السابقة هو بالتمام الطلب المتوقع للفترة الحالية.

مثال (6-4)،

فيما يلي بيانات الطلب الفعلي بالآلاف الجنيهات لأربع فترات:

الفترة	1	2	3	4
الطلب الفعلي	100	120	110	90

بافتراض ان  $\alpha = 0.9$ ، وان رقم الطلب الذي تم توقعه للفترة الأولى كان 0.90.  
احسب الطلب المتوقع للفترة من 2 إلى 5 باستخدام الطريقة الأسية.

الحل:

بتطبيق المعادلة العامة نصل إلى:

$$م_2 = 90 + (90 - 100) \cdot 0.9 = 99$$

$$م_3 = 99 + (99 - 120) \cdot 0.9 = 117.9$$

$$م_4 = 117.9 + (117.9 - 110) \cdot 0.9 = 101.79$$

$$م_5 = 101.79 + (101.79 - 90) \cdot 0.9 = 91.18$$

وبلاحظ على هذا الحل ما يلي:

1- انه لتقدير الطلب باستخدام الطريقة الأسية فإنه يلزمنا قيمة معينة للمعامل  $\alpha$ ، كذلك يلزم معرفة قيمة تم تقديرها مسبقاً كنقطة بدء حتى يمكن تقدير الفترات التالية.

2- نظراً لأن القيمة المضافة هي القيمة المقترحة للفترة الأولى فإنه يجب تقدير الطلب لكل الفترات التالية إذا كان الغرض هو تقدير الطلب للفترة الخامسة. فدائماً نبدأ من عند نقطة البداية.

3- حتى يمكن الوصول إلى صيغة أسهل في عملية الحساب يمكننا إعادة النظر في المعادلة السابقة على النحو التالي:

$$م_2 = م_1 + \alpha (م_1 - م_2)$$

$$م_3 = م_2 + \alpha (م_2 - م_3)$$

$$م_4 = م_3 + \alpha (م_3 - م_4)$$

$$م_5 = م_4 + \alpha (م_4 - م_5) \quad (2)$$

وتعني هذه الصيغة الأخيرة أنه لتقدير م يلزمنا تقدير  $\alpha$ ،  $(1 - \alpha)$  ثم استخدام المعادلة بصيغة أسهل كما في حالة المثال السابق على النحو التالي:

$$م_2 = 90 + (100 - 90) \cdot 0.9 = 99$$

$$م_3 = 99 + (120 - 99) \cdot 0.9 = 117.9$$

$$م_4 = 110 + (117.9 - 110) \cdot 0.9 = 101.79$$

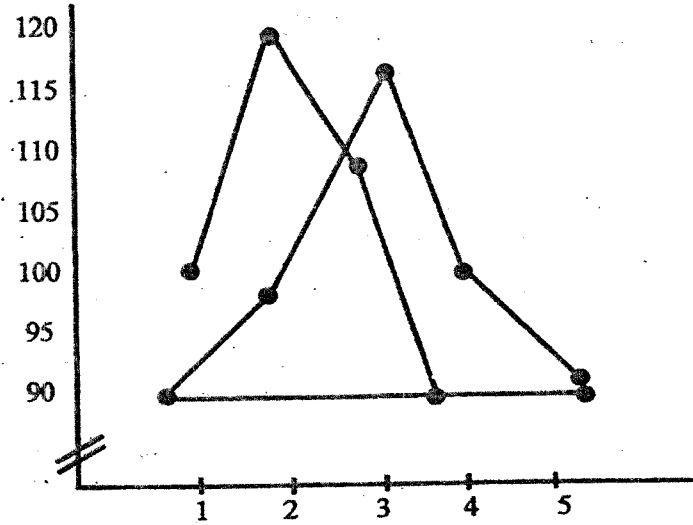
$$م_5 = 90 + (101.79 - 90) \cdot 0.9 = 91.18$$

ونحن نفضل استخدام تلك الصيغة (2) نظراً لسهولة العمليات الحسابية.

يتبادر إلى الذهن الآن سؤال عن هذا المعامل  $\alpha$ ، على أي أساس يتم اختيار قيمة  $\alpha$ ؟ وما هو أثر التغير في قيمته على الأرقام المقدرة؟ أما التساؤل الأول فسوف نعالجه تفصيلاً عند الحديث عن الخطأ في عملية التنبؤ. ولكن الآن سوف نحاول تحديد أثر القيمة المختارة لهذا المتغير  $\alpha$ .

بالنظر إلى المعادلة (2) نجد أن الحد الأول في جنيها الأيسر هو  $م_1$  والذي يعني أن رقم الطلب الفعلي للفترة السابقة قد تم ترجيحه بمعامل هو  $\alpha$ . ولذلك يمكننا القول إذا كانت قيمة  $\alpha$  قيمة عالية مثل 0.9 فإن رقم الطلب الفعلي في الفترة السابقة سوف يكون له تأثير كبير على رقم الطلب المتوقع للفترة الحالية. أما إذا كانت قيمة  $\alpha$  قيمة صغيرة مثل 0.1 فإن تأثير رقم الطلب الفعلي خلال السنة السابقة على الطلب المتوقع للفترة الحالية سوف يكون محدوداً للغاية. ويعني ذلك أن قيمة المعامل  $\alpha$  هي التي تحكم درجة استجابة رقم الطلب المقدر لرقم الطلب الفعلي خلال السنة السابقة. ولذلك يطلق على هذا المعامل معامل الاستجابة Response Constant. كذلك فإنه إذا كانت درجة الاستجابة عالية فإننا نتوقع أن يكون منحني الطلب المتوقع أكثر تعرجاً وأقل تمهيداً. والعكس، كلما كانت درجة الاستجابة منخفضة كان منحنى الطلب المتوقع أكثر تمهيداً. ولذلك يطلق على هذا المعامل أيضاً معامل التمهيد أو معامل التسوية Smoothing Constant. ويمكن إيضاح ذلك بالمثال التالي:





شكل (6-4)

ونخلص من هذا إلى أن  $\alpha$  تلعب الدور نفسه الذي تلعبه  $\alpha$  في طريقة الوسط المتحرك. فكل منهما يحكم درجة استجابة أرقام الطلب المقترة لأرقام الطلب الفعلية في الفترات الأخيرة. ولكن ذلك لا يعني أن لهما نوع العلاقة نفسها. فعلى حين أن العلاقة بين عدد الفترات  $n$  ودرجة الاستجابة هي علاقة عكسية فإن العلاقة بين معامل الاستواء  $\alpha$  ودرجة الاستجابة هي علاقة طردية.

يتبقى الآن نقطة كان يجب أن نشار عند بدء الحديث عن الطريقة الأسية. وهي، لأننا سميت بالطريقة الأسية Exponential Smoothing Method؛ لإيضاح ذلك سوف نقوم بعملية خطوات رياضية الهدف منها أساساً هو إيضاح المعنى.

مثال (6-5)،

في المثال السابق بافتراض أن  $\alpha = 0.01$ ، احسب القيم المتوقعة للفترات 2 إلى 5، وباستخدام الرسم البياني قارن بين النتائج في هذه الحالة والنتائج السابقة.

الحل:

باستخدام المعادلة (2)

$$م_2 = (90),99 + (100),01 = 90,1$$

$$م_3 = (90,1),99 + (120),01 = 90,4$$

$$م_4 = (90,4),99 + (110),01 = 90,6$$

$$م_5 = (90,6),99 + (90),01 = 90,6$$

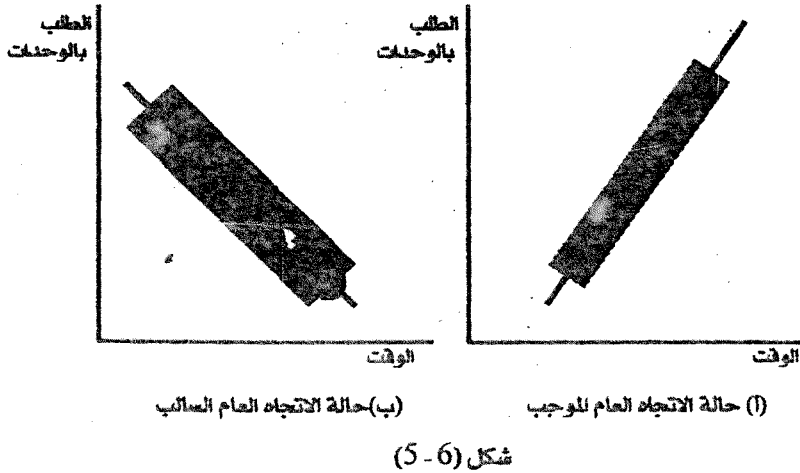
ويمكن الآن وضع النتائج في جدول كما يلي:

الفترة	الطلب الفعلي	الطلب المتوقع $0.9 - \alpha$	الطلب المتوقع $0.01 - \alpha$
1	100	90 (معطى)	90 (معطى)
2	120	99	90.1
3	110	117.9	90.4
4	90	101.79	90.6
5	-	91.18	90.6

وبالرسم البياني التقريبي يتضح أن منحني الطلب المتوقع في حالة  $\alpha = 0.01$  هو أكثر استواءاً من منحني الطلب المتوقع في حالة  $\alpha = 0.9$ .

### □ طريقة خط الاتجاه العام Trend Line :

يؤخذ على أساس المتوسطات (المتحرك والآسي) بصفة عامة أن الأرقام المقدرة تكون دائماً أقل من الأرقام الفعلية في حالة وجود اتجاه عام بين الأرقام الفعلية. وظاهرة الاتجاه العام تعني أن أرقام الطلب الفعلي تأخذ اتجاهها عاماً بالزيادة أو الانخفاض. وفي الحالة الأولى يكون اتجاهها موجياً أما في الحالة الثانية فيطلق عليه اتجاهها سالباً. ويوضح الشكل (5-6) مثالاً لتلك الحالتين.



ومن أكثر أساليب التنبؤ بالطلب شيوعاً والتي تأخذ في الحسبان أثر الاتجاه، طريقة الاتجاه العام Trend Line وتعتبر علمياً حالة خاصة من أساليب العلاقة الخطية البسيطة Simple Linear Regression. حيث يفترض أن الطلب على السلعة يتوقف على متغير واحد (متغير مستقل) هو "الوقت".

### في المعادلة رقم (2)

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2(\alpha - 1)$$

باستخدام المعنى نفسه نجد أن الطلب المتوقع للفترة السابقة يرتبط بالسنة السابقة على (ت-2) على النحو التالي:

$$\alpha = \alpha_2 + \alpha_3(\alpha - 1)$$

بالتعويض في (2) نجد أن:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2[\alpha_2 + \alpha_3(\alpha - 1)] + \alpha_3(\alpha - 1)$$

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2\alpha_2 + \alpha_2\alpha_3(\alpha - 1) + \alpha_3\alpha - \alpha_3$$

كذلك فإن الطلب المتوقع للفترة قبل السابقة ن-2 يرتبط بالسنة السابقة عليه

ن-3 على النحو التالي:

$$\alpha = \alpha_3 + \alpha_4(\alpha - 1)$$

بالتعويض أيضاً عن قيمة م-2 في المعادلة السابقة (3) نجد أن:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2(\alpha - 1) + \alpha_3$$

$$+ \alpha_4(\alpha - 1)^2 + \alpha_5(\alpha - 1)^3$$

وبالطبع يمكننا استمرار عملية التعويض عن قيم م إلى ما لا نهاية. ولكن بتأمل المعادلة الأخيرة نجد أن الحدود الثلاثة الأولى تعبر عن قيم الطلب الفعلي للسنوات الثلاثة السابقة وكل منها مضروب في معامل ترجيح. وأن هناك علاقة معينة بين معاملات الترجيح هذه. فهي تتناقص كلما أصبحت القيمة المستخدمة قديمة. فالطلب الفعلي للسنة السابقة مرجح بقيمة هي  $\alpha$  أما الطلب الفعلي للسنة السابقة على السنة السابقة (ن-2) فهو مرجح بقيمة هي  $\alpha(\alpha - 1)$  والتي هي بالضرورة أقل من  $\alpha$ . كذلك فإن  $\alpha(\alpha - 1)$  أقل من  $\alpha(\alpha - 1)^2$  وهكذا. ونظراً لأن هذا المعامل يتناقص بنسبة على شكل دالة رياضية معينة هي الدالة الأسية السالبة Negative Exponential، فإن ذلك التحليل يوضح أن هذه الطريقة الآسية ما هي إلا طريقة متوسط مرجح ولكن الأوزان النسبية للمعطاة للقيم التاريخية تتناقص حسب دالة رياضية معينة هي الدالة الأسية السالبة.

ويمكن تصوير خط الاتجاه العام عن طريق أسلوب الرسم البياني والذي بمقتضاه يتم رسم مستقيماً يمر بين نقط الطلب الفعلية خلال الفترات الزمنية السابقة كما هو موضح في أي من العاليتين في الشكل (6-5) حيث يكون مجموع انحرافات القيم عن هذا الخط يساوي صفر. والمنطق وراء ذلك هو أن يكون هذا الخط معبراً عن التأثير العام لهذه القيم مجتمعة. وعلى الرغم من سهولة هذه الطريقة إلا أن عيبها الواضح هو أنها لا تضمن بأي حال من الأحوال الوصول إلى تقدير دقيق لخط الاتجاه العام. ولذلك فإن أكثر الأساليب شيوعاً وأدقها هي طريقة تقليل مجموع مربعات أخطاء التنبؤ إلى أقل حد ممكن Least Squared Errors، والتي تستخدم غالباً في استنتاج معادلة خط الاتجاه العام. وتقوم هذه الطريقة على محاولة وجود المعادلة الخطية التي يكون فيها مجموع مربعات انحرافات القيم المفردة عن القيم المقدرة من هذه المعادلة أقل ما يمكن. ولعل ذلك يفسر سبب تسميته بطريقة "المربعات الصغرى".

وتقوم هذه الطريقة على معادلة الاتجاه العام التالية:

$$س = 1 + ي س$$

على أساس أن:

س = الطلب على السلعة خلال الفترة س.

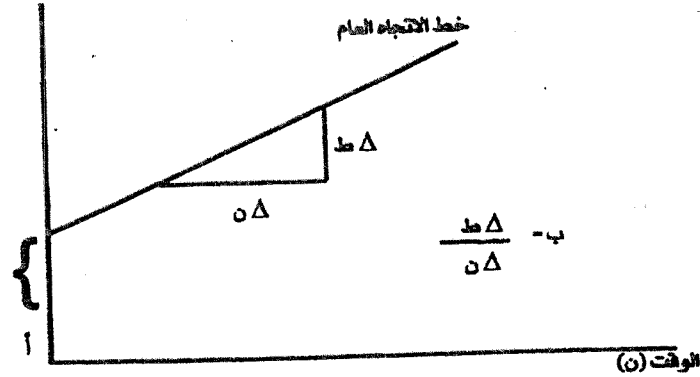
1 = الحد الأدنى للطلب على السلعة.

ب = ميل خط الاتجاه العام. وهو يقيس معدل التغير في الطلب

نتيجة للتغير في الوقت ن بفترة زمنية واحدة. وقد تكون تلك القيمة موجبة وذلك يعبر عن اتجاه بالزيادة، أو قد تكون قيمة سالبة، وذلك يعبر عن اتجاه بالانخفاض.

س = الفترات الزمنية 1 ، 2 ، 3 ، .....

ويوضح الرسم (6-5) معنى مفردات تلك المعادلة.



شكل (6-6)

ولتحديد قيم أ، ب في المعادلة العامة يتم استخدام معادلة أوب حسب طريقة

المربعات الصغرى على النحو التالي:

$$\begin{aligned} \frac{\sum (س - \bar{س})^2}{\sum (س - \bar{س})^2} &= \frac{\sum (س - \bar{س})^2}{\sum (س - \bar{س})^2} \\ \frac{\sum (س - \bar{س})^2}{\sum (س - \bar{س})^2} &= \frac{\sum (س - \bar{س})^2}{\sum (س - \bar{س})^2} \end{aligned}$$

ويوضح المثال التالي كيفية استخدام هذه الطريقة في التنبؤ بالطلب

مثال (6-6):

قامت إحدى المنشآت بتسجيل مبيعاتها خلال السبع سنوات السابقة (بآلاف

الجنيهات) وكانت كما يلي:

السنة	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1994
الطلب	20	22	27	25	30	32	35

وقد لاحظت المنشأة بالزيادة في أرقام المبيعات وتود أن تحدد خط هذا الاتجاه بشكل دقيق. وبشكل خاص فهي ترغب في تقدير الطلب على إنتاج المنشأة للسنتين القادمتين.

#### المطلوب

في التمرين هذا لدينا متغير الوقت  $t$  والذي يأخذ القيم من 1 إلى 7، كما أن عدد الفترات المتاح عنها معلومات والتي سوف تستخدم في عمل معادلة الاتجاه العام هو  $n = 7$ . يجب هنا أن نلاحظ أن السنوات لا تستخدم كما هي في الحساب بل تترجم إلى فترات في تتابع يبدأ من 1 إلى نهاية الفترات. وإمكانية تحديد قيم  $a, b$  نقوم بعمل الجدول التالي :

السنة	الفترة $t$	الطلب الفعلي $(y_t)$	$t^2$	$t$
1978	1	20	1	20
79	2	22	4	44
80	3	27	9	81
81	4	25	16	100
82	5	30	25	150
83	6	32	36	192
84	7	35	49	245
مجموع	28	191	140	832

ومن هذا الجدول يمكن حساب ما يلي :

$$\bar{t} = \frac{1+7}{2} = 4 \quad \bar{y} = \frac{20+35}{7} = 7.28$$

$$\bar{t^2} = \frac{1+49}{7} = 7.191 \quad \bar{ty} = \frac{20+245}{7} = 37.857$$

وباستخدام الصيغة الثانية لكل من  $a, b$ ، تصل إلى :

$$b = \frac{(27.28)(7) - 832}{7^2 - 140} = 2.43$$

$$a = 27.28 - (2.43)(7) = 17.56$$

لاحظ أن المسألة لم تحل بعد. فالخطوة التالية هي وضع  $a, b$  في صورة معادلة الاتجاه العام على النحو التالي :

$$y_t = 17.56 + 2.43t$$

ولتحديد قيمة الطلب المتوقع للفترات القادمة نعود إلى أصل التمرين فالفترتان القادمتان هما 1985 و 1986 ويعني ذلك بلغة معادلة الاتجاه العام أن  $t = 8$  للعام 1985،  $t = 9$  للعام 1986 ولذلك فإن الطلب المتوقع يكون :

$$y_8 = 17.56 + 2.43(8) = 37$$

$$= 37$$

$$y_9 = 17.56 + 2.43(9) = 39.43$$

$$= 39.43$$

وبلاحظ أن أرقام الطلب في تزايد مستمر لأن قيمة  $b$  موجبة.

وتمتاز هذه الطريقة ببساطتها كما أنها صالحة للاستخدام في حالة وجود اتجاه عام لفترات زمنية طويلة. ولكن يعاب عليها أنها تتجاهل التغير في الفترات القصيرة، كما أنها تفترض أن العلاقة دائماً خطية بين الزمن والطلب، علاوة على أنها تعتبر الطلب معتمداً على متغير هو عنصر الوقت. ونتجاً لنواحي القصور تلك ظهرت أساليب أكثر تعقيداً نعتقد أنها خارجة عن نطاق هذا الكتاب.

### □ طريقة العلاقة السببية :

وهي شبيهة إلى حد كبير لأسلوب الاتجاه العام فهي الحقيقية طريقة الاتجاه العام هي حالة خاصة من حالة العلاقة السببية. فهي تعتمد على طريقة أقل مربعات الانحرافات أيضا في تحديد خط التحليل Regression Line يعبر عن العلاقة بين الطلب وأي متغير آخر مثل الزمن، مستوى الجودة ... الخ. كذلك فإن الطلب على إحدى السلع قد يكون مرتبط بالطلب على إحدى السلع الأخرى. مثل مبيعات البنزين وعدد السيارات. ويوضح المثال التالي كيفية استخدام هذا الأسلوب.

مثال (6-7)

فيما يلي مجموعة من البيانات الخاصة بعدد الأفراد القاطنين في عشرة أحياء مختلفة وكمية مياه الصرف الصحي بتلك المنطقة.

المنطقة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
عدد السكان (بالآلاف)	14	34	18	40	48	18	44	20	26	38
كمية مياه الصرف الصحي	55	60	44	78	75	50	62	65	55	70

والمطلوب استخدام هذه المعلومات في تحديد طاقة شبكات الصرف الصحي في بعض المدن الجديدة المقرر للأولى منها أن تتسع لخمسة وعشرين ألف نسمة وللمدينة الثانية 25 ألف نسمة.

الحل:

الحي	عدد السكان (بالآلاف) من	كمية مياه الصرف الصحي من	من	من <sup>2</sup>
1	14	55	770	196
2	34	60	2040	1156
3	18	44	792	324
4	40	78	3120	1600
5	48	75	2600	2304
6	18	50	900	324
7	44	62	2728	1926
8	30	65	1950	900
9	26	55	1430	676
10	38	70	2660	1444
مجموع	310	614	10860	19990

ومن هذا الجدول وباستخدام الصيغة التولية لكل من أ، ب نجد أن:

$$ب = \frac{(19990)(310) - (614)(10)}{(310)^2 - (10860)(10)}$$

$$= 7648,$$

$$= \frac{(310)7648 - 610}{10}$$

$$= 37,89$$

التنبؤ بالطلب وهو متوسط الخطأ المطلق (MAD) والذي يحسب بقسمة مجموع الانحرافات المطلقة لأرقام الطلب الفعلية عن المتوقعة على عدد المفردات على النحو التالي:

$$\text{متوسط الخطأ المطلق MAD} = \frac{\text{مجم} | \text{ح ت} |}{\text{ن}}$$

على أساس أن

ح ن = الفرق بين رقم الطلب ورقم الطلب المتوقع للفترة ت.  
 = تشير إلى أن القيم الواجب جمعها هي القيم المطلقة، أي مع إهمال الإشارة.  
 ن = عدد المفردات المستخدمة.

مثال (6-8).

باستخدام الطريقة الآسية وعلى أساس أن  $\alpha = 5$ ، ويفترض أن تنبؤ الفترة الأولى كان 20 وحدة. احسب أرقام الطلب المتوقعة للفترة من 2 إلى 5 إذا كانت أرقام الطلب الفعلية للفترة الست هي:

الفترة	1	2	3	4	5	6
رقم الطلب	19	17	18	15	17	18

ثم احسب MAD للتنبؤ المحسوب خلال تلك الفترات.

وبالتالي فإن معادلة الانحدار هي:

$$\text{ص} = 37,89 + 7648,$$

وباستخدام تلك المعادلة يمكن التنبؤ بالطاقة اللازمة لشبكة الصرف الصحي في كل

من المدينة الأولى والثانية كما يلي:

$$\text{ص (المدينة الأولى)} = 37,89 + 7648 (25)$$

$$= 57$$

$$\text{ص (المدينة الثانية)} = 37,89 + 7648 (35)$$

$$= 64$$

□ البقة في عملية التنبؤ:

من الصعب في غالبية الأحيان الوصول إلى ما يسمى بالتنبؤ التام Perfect Forecasting فغالباً ما يكشف المشروع في نهاية الفترة التي تم لها التنبؤ بالطلب وجود اختلافاً بين أرقام الطلب الفعلي وأرقام الطلب المقررة. ويرجع ذلك إلى أن العوامل التي تؤثر في الطلب متشابكة ومعقدة، وأن عدم الاستقرار في الظروف الاقتصادية والاجتماعية والسياسية، والتي تؤثر جميعها على رقم الطلب، أصبح سمة دائمة من سمات العصر. كذلك فإن التنبؤ لفترات طويلة يصعب معه التقدير الدقيق فهناك علاقة طردية بين عدم التأكد وطول الفترة الزمنية التي يتم عنها التنبؤ.

وتحاول المشروعات أن تقلل بقدر الإمكان من الخطأ في عملية التنبؤ، ويكون ذلك باستخدام أساليب التنبؤ الملائمة والتي تكون في الغالب أكثر تعقيداً من الأساليب التي عرفناها في الأجزاء السابقة. كذلك فإن المشروعات تهتم كثيراً بقياس مقدار الخطأ في عملية التنبؤ حتى يمكنها المقارنة بين فعالية الأساليب المختلفة المقترحة لعملية التنبؤ. ومن أكثر المقاييس شيوعاً والمستخدم في هذا الشأن الخطأ المعياري Standard error، التباين Variance، متوسط الخطأ المطلق Mean Absolute Deviation (MAD) وإشارات الانتباه Tracking signals. ونظراً لأن الطالب سوف يتعرض لبعض هذه المقاييس في مقررات متقدمة فسوف نقوم بشرح أكثرها شيوعاً في مجال

الحل

الفترة	الطلب الفعلي	الطلب المتوقع	ح = 1 - 2	1 ح
1	19	20	معطي	معطي
2	17	19,5	1,5-	1,50
3	18	18,25	25-	25
4	15	18,13	3,13-	3,13
5	17	17,1	1-	10
6	18	17,05	95	95
المجموع			5,93	

$$\text{ومنها } MAD = \frac{5,93}{6} = 9,88$$

وطالما أن MAD يعبر عن متوسط الخطأ المطلق في عملية التنبؤ فإنه يمكن استخدامه في مقارنة أساليب التنبؤ المختلفة، فتحسب قيمة MAD الناتجة عن كل أسلوب ويتم اختيار الأسلوب الذي يقلل من قيمة MAD إلى أقل حد ممكن. وبالنسبة لنفسه يمكن استخدام MAD في تحديد قيمة المتغير  $\alpha$  الواجب استخدامه في ظل الطريقة الأسية. فتحسب قيمة MAD الناتجة عن كل قيمة ويتم اختيار قيمة  $\alpha$  التي تقلل MAD إلى أقل حد ممكن يضاف إلى ذلك أن MAD ممكن استخدامه في عمل التقديرات الاحتمالية لأرقام الطلب المقبرة.

## تمارين التدريب

- 1- ارسم البيانات التالية عن الطلب الفعلي لإحدى السلع، ثم احسب وارسم (3- سنوات) متوسط متحرك وآخر (4- سنوات) متوسط متحرك و (5- سنوات) متوسط متحرك. ما هو الفرق في رأيك؟ ما هو السبب في ذلك الفرق؟

السنة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الطلب	6	5	5	4	5	3	2	4	3	3

- 2- في التمرين السابق، استخدم البيانات عن الفترات من 6 إلى 10 لعمل تنبؤ بالطلب للفترة 11 باستخدام الطريقة الأسية مفترضاً أن الطلب المقدر للفترة السادسة 4 وحدات، وباستخدام مستويات مختلفة للمتغير  $\alpha$  وهي 0.3 / 0.5، 0.9 هارن النتائج في تلك الحالات.

- 3- فيما يلي بيانات الطلب على إحدى السلع لشركة طاروق لإنتاج السيارات.

الشهر يناير فبراير مارس أبريل مايو يونيو يوليو أغسطس سبتمبر أكتوبر نوفمبر

الطلب 10 13 15 25 27 24 20 27 44 34 17

والطلوب

- (أ) تحديد رقم الطلب المتوقع باستخدام (4- أشهر) متوسط متحرك للشهور ابتداءً من مايو وحتى نهاية الفترة.
- (ب) تحديد رقم الطلب المتوقع باستخدام الأوزان النسبية 0.1، 0.2، 0.3، 0.4 بشهور تبدأ من مايو وحتى نهاية الفترة.

- 4- فيما يلي بيانات الطلب على إحدى السلع لشركة زياد لإنتاج الأجهزة المنزلية.

الشهر	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس
الطلب	18	15	20	18	22	20

والطلوب

تحديد الطلب المتوقع لشهر سبتمبر باستخدام كل من:

6- احسب متوسط الخطأ المطلق MAD للبيانات التالية :

السنوات	الطلب الفعلي	الطلب المتوقع
1971	217	215
1972	213	216
1973	216	215
1974	210	214
1975	213	211
1976	219	214
1977	216	217
1978	212	216

7- فيما يلي بيانات الطلب على إحدى السلع للشركة التحفة.

السنة	77	76	75	74	73	72	71
الطلب	424	420	412	415	420	400	405

والطلب

(أ) استخدام  $\alpha = 0.1$  لتقدير الطلب المتوقع في عام 1978 بافتراض أن الطلب

المتوقع لعام 71 كان 410.

(ب) قدر الرقم نفسه بافتراض أن  $\alpha = 0.2$ .

(ج) قدر الرقم نفسه بافتراض أن  $\alpha = 0.5$ .

(د) أي مستوى من مستويات  $\alpha$  تفضل؟

(أ) المتوسط المتحرك على أساس  $n = 5$  شهور.

(ب) الطريقة المتحركة باستخدام الأوزان النسبية 0.5, 0.3, 0.1, 0.1.

(ج) الطريقة الأسية على أساس  $\alpha = 0.2$ ، وبافتراض أن الطلب المتوقع لشهر مارس = 20.

(د) طريقة خط الاتجاه العام.

5- فيما يلي بيانات الطلب على إحدى السلع وسعرها في شركة سارة لإنتاج المواد

الفدائية.

السنوات	السعر (س)	الطلب (م)
1971	7	15
72	2	10
73	6	13
74	4	15
75	14	25
76	15	27
77	16	24
78	12	20
79	14	27
80	20	44
81	15	24
82	7	17

والطلب

أولاً: إيجاد معادلة خط العلاقة الخطية بين الطلب والسعر.

ثانياً: تحديد الطلب المتوقع لعام 1983 إذا علمت أن السعر المقترح لعام 1983

هو 10.



## الفصل السابع

### تخطيط الإنتاج

#### Production Planning

- أنواع تخطيط الإنتاج.
- التخطيط متوسط المدى.
- الحاجة إلى تخطيط الإنتاج.
- الإطار العام لعملية تخطيط الإنتاج.
- الطريقة الهيكلية في تخطيط الإنتاج.

## الفصل السابع

### تخطيط الإنتاج

#### Production Planning

تنطوي وظيفة إدارة الإنتاج على ثلاث مجموعات أساسية من الأنشطة أو الوظائف هي تصميم Designing وتشغيل Operating ورعاية Controlling العملية التحويلية Transformation process. وفي الحقيقة فإن عملية التشغيل تتضمن قرارات تخطيط العملية الإنتاجية فيما يتعلق بمستويات الإنتاج - المخرجات - على ضوء الطلب المتوقع في الأجل المتوسط والطويل، وكذلك القرارات قصيرة الأجل الخاصة بالجدولة وتوزيع العمل، والتي تتم بشكل يكاد يكون يومي.

#### □ أنواع تخطيط الإنتاج:

يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع أساسية من تخطيط الإنتاج على أساس المدة التخطيطية Planning horizon التي تغطيها الخطة. أما النوع الأول فهو التخطيط طويل المدى Long-term production planning والذي يتضمن تحديد مستويات الإنتاج في فترات قادمة تزيد على العام. فقد يكون لمدة عامين أو ثلاثة أو أكثر. ويصرف هذا التخطيط باسم تخطيط الطاقة Capacity planning لأنه يتعلق لتحديد حجم الطاقة اللازمة واختيار مستوى معين من الطاقة. ومثال ذلك اختيار حجم معين لبنى (عدد الفصول في مدرسة، عدد الحجرات في مستشفى) أو اختيار حجم مصنع (عدد من الماكينات) أو اختيار ماكينة (بمستوى طاقة معينة). ونظراً لأن هذا القرار يصعب تعديله في الأجل القصير فإن الشركة لابد أن تتحمل نتائجها لفترة طويلة.

على الناحية الأخرى، هناك التخطيط قصير الأجل Short-term production والذي يتعلق بالتخطيط التفصيلي لفترات إنتاجية تقل عن شهر. فقد يكون التخطيط لمدة شهر أو أسبوع أو يوم أو حتى لفترة ساعات ودهانق (كما في حالة استخدام مراكز الكمبيوتر). ويطلق على هذه العملية جدولة Scheduling لأنها تنطوي على جدولة استخدام إمكانيات إنتاجية Facilities لإنتاج أكثر من طلبية أو أمر إنتاجي في الفترة الإنتاجية نفسها. وهذا النوع من التخطيط سوف يتم عرضه في الفصل التالي.

يبقى الآن النوع الثالث من تخطيط الإنتاج الذي يعرف بالتخطيط متوسط المدى Intermediate production planning، وهو يتعلق بتخطيط الإنتاج لمدة عام مع تفصيل لكل شهر 12-month period. وليس من الضروري أن تبدأ الخطة في أول العام وتنتهي في آخره ولكنها يمكن أن تبدأ في الشهر الثاني مثلاً من العام الأول وتنتهي في الشهر الأول من العام الثاني، وبانتهاء كل شهر يتم إسقاط شهر المنقضي وإضافة شهر في آخر الخطة. وبذلك يكون لدى الوحدة الإنتاجية خطة تغطي 12 شهر من الآن بشكل مستمر. وتعرف هذه العملية بالتجديد Updating للخطة في نهاية كل شهر على ضوء ما تحقق من أرقام حقيقة - وليست مقدرة - لكل من الإنتاج والطلب بل عادة ما يتم أيضاً تجديد الطلب المقرر لجميع الفترات المقبلة في الخطة. وهكذا فإن عملية تخطيط الإنتاج عملية مستمرة وليست قراراً يتم اتخاذها مرة واحدة في العام وتلزم به الوحدة الإنتاجية كما قد يتبادر إلى الذهن. وتجدر بنا الإشارة هنا إلى أن مشكلة التخطيط متوسط المدى الذي يشار إليها في الكتابات إلى عديد من المسميات مثل الجدولة الإجمالية Aggregate Scheduling، تخطيط الإنتاج الإجمالي Aggregate production planning، تخطيط الإنتاج Production planning، أو مشكلة تسوية الإنتاج Production smoothing problem. وسوف نستخدم أي من هذه المسميات للدلالة على المعنى المشار إليه خلال هذا الفصل.

### □ التخطيط متوسط المدى تخطيط إجمالي :

تتسم خطة الإنتاج التي تغطي عام بأنها تتضمن تقديرات إجمالية لمستويات الإنتاج والعمالة والمخزون لكل فترة خلال العام دون تخصيص لنوع معين من المنتجات والأقسام. فإذا كان للشروع ينتج عدة منتجات فإن الرقم الشهري المقرر للإنتاج سوف يعبر عن إجمالي الإنتاج من تلك المنتجات مجتمعة. ولهذا السبب يطلق عليها أحياناً خطة إجمالية Aggregate production plan. وجدير بالذكر أن هذه الخطة - التي تضمن وجود الطاقة اللازمة لها Feasibility - تكون أساساً للمرحلة التالية في عملية تخطيط الإنتاج وهي عملية تجزئة الخطة الإجمالية إلى خطط لمنتجات محددة خلال عملية التجزئة في إطار من الخطة الإجمالية للإنتاج لكل فترة. وتتطلب تلك الإجمالية

في التقديرات - على مستوى المصنع مثلاً - أن يكون هناك مقياس عام أو وحدة قياس يمكن استخدامها في تقدير الإنتاج الإجمالي لكل الأقسام ولكل المنتجات. ففي صناعة البترول مثلاً يتم استخدام البرميل لتقدير إجمالي الإنتاج سواء كان ذلك بنزين أم كروسين.

وفي الصناعات المعدنية يتم عادة استخدام الطن. كما أن من المقاييس الشائعة ترجمة حجم الإنتاج إلى عدد ساعات إنتاج في جميع الأقسام ولكل المنتجات.

### □ الحاجة إلى تخطيط الإنتاج

قد يرى البعض أن تقدير مستوى الإنتاج لكل فترة بالأمر الهين لأن الإنتاج أصلاً من المفروض أن يكون لمواجهة الطلب المتوقع، فإذا كانت لدينا تقديرات الطلب المتوقع فلماذا لا يتم إنتاج فقط الكمية اللازمة لمواجهة الطلب في كل فترة؟ للإجابة على هذا السؤال .. دعنا ننظر إلى شكل منحني الطلب المتوقع خلال سنة لبعض المنتجات. إذا كان الطلب المتوقع ثابتاً عند مستوى معين على مدار العام فإنه يمكن بسهولة اختيار مستوى عناصر الإنتاج الذي يمكن من إنتاج الكمية المطلوبة شهرياً ولن يكون مستوى الإنتاج ثابتاً على مدار العام. ومن ثم لا مشكلة في هذه الحالة إذا افترضنا أن جميع عناصر الإنتاج متوافرة على مدار العام. أما وقد اتضح من الفصل السابق الخاص بالتنبيه أن هذه الحالة من الثبات حالة نظرية تماماً، لأن هناك عوامل عديدة تجعل منحني الطلب على مدار العام (أو الأكثر من عام) غير مستوي Uneven demand. فبسبب الموسمية مثلاً يتسم منحني الطلب بالتنبيب Fluctuation وبسبب بعض القوى قد يأخذ منحني الطلب اتجاهها معيناً ارتفاعاً أو انخفاضاً. ولأن كيف يمكن مواجهة خاصية تقلب مستوى الطلب عند اتخاذ قرار الإنتاج؟<sup>(\*)</sup>

(\*) تظهر الحاجة إلى التخطيط الإجمالي متوسط المدى أيضاً في حالة عدم انتظام أو تنبيب التوريد من مختلف مستلزمات الإنتاج.

قد يرى البعض محاولة التأثير على رقم الطلب ذاته لجعله قريب من الثبات وذلك من خلال الحملات الإعلانية أو برامج التطوير وتغيير الأسعار. وهذا اتجاه فعال Active ولكن يدخل في نطاق دراسات غير إنتاجية أخرى. أما محاولة مواجهة التقلب في الطلب على أنه حقيقة يجب التعامل معها Passive approach فيمكن أن يتم عن طريق عدد لانهائي من الاستراتيجيات منها على سبيل المثال:

1- الإنتاج حسب الكمية المطلوبة مع تغيير عدد العمال حسب الحاجة إليهم.

2- الإنتاج حسب الكمية المطلوبة مع الاعتماد على تشغيل عدد العمال الحالي وقتاً إضافياً في حالات زيادة الطلب ومواجهة بعض الوقت العاطل في أوقات انخفاض الطلب.

3- الإنتاج بمستوى ثابت مع تخزين عدد من الوحدات في حالة الطلب المنخفض واستخدامها في حالات الطلب المرتفع.

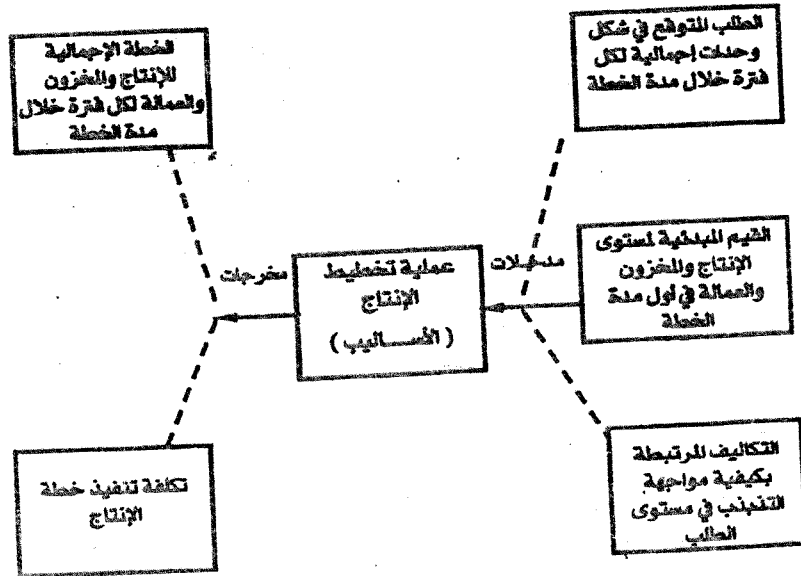
4- الاعتماد على جهات خارجية لمواجهة الطلب الزائد Subcontracting.

وإذا نظرنا إلى هذه البدائل المختلفة بالقطع تواجهنا مشكلة، أي البديل يجب اختياره؟ سوف يساعدها على ذلك تحليل الآثار المالية المترتبة على كل بديل. فعلى سبيل المثال سوف يستلزم البديل الأول فصل وتعيين عمال بما يتضمنه ذلك من تكاليف الفصل والتعويض وتكاليف التدريب والاختيار. أما البديل الثاني فيترتب عليه تكاليف إضافية هي تكاليف التشغيل الإضافية التي عادة ما تزيد على تكاليف التشغيل خلال الأوقات العادية. أما البديل الثالث فعلى الرغم من عدم وجود تكاليف عمالة جديدة إلا أنه ينطوي على تكاليف الاحتفاظ بالوحدات المخزونة خلال فترات انخفاض الطلب.

وعلى الرغم من أننا سوف نعود إلى تقدير التكاليف الخاصة بكل بديل في جزء لاحق بشكل تفصيلي إلا أنه يمكن القول من هذا العرض بشكل عام أن مشكلة اختيار مستوى معين من الإنتاج في ظل الطلب المتقلب ليست بسيطة نظراً لوجود بدائل عديدة تنطوي كل منها على تكاليف إنتاج وعمالة وتخزين يجب أخذها في الاعتبار. ومن ثم فإن تخطيط الإنتاج يهدف أساساً إلى تقدير المستوى الممكن والمناسب من الإنتاج

في كل فترة والذي يتضمن تقليل التكاليف مع الوفاء بالطلب للتوقع. ولنتكّن أكثر تحديداً .. نحن نحاول الإجابة في عملية تخطيط الإنتاج على سؤال محدد: ما هو أفضل مستوى للإنتاج والعمالة والمخزون بشكل إجمالي لكل فترة خلال العام (12 فترة) الذي يتضمن الاستخدام الفعال للموارد خلال العام ككل ؟

### □ الإطار العام لعملية تخطيط الإنتاج:



شكل (7 - 1)

أوضح Peters & Oliva إطاراً عاماً لعملية تخطيط الإنتاج يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي المدخلات، والمخرجات، وعملية التخطيط ذاتها (الأسلوب) وسوف نتناول كل منها كما في الشكل (7 - 1) بالإيضاح.

#### المدخلات Inputs:

وهي مجموعة البيانات الأساسية الواجب توفرها حتى يتسنى استخدام أي من أساليب تخطيط الإنتاج. ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع:

- 1- أرقام الطلب الإجمالي المتوقع (ط).
- 2- القيم المبدئية التي تمثل الوضع الحالي للعملية الإنتاجية (أمر، عسر، مسر).
- 3- أنواع التكاليف المرتبطة باستراتيجيات مواجهة الطلب المتنبئ.

طالباً أن الهدف من العملية الإنتاجية هو مواجهة الطلب المتوقع بطريقة اقتصادية في حدود الطاقة المتاحة فإن التقديرات الإجمالية للطلب لكل فترة زمنية خلال مدة الخطة - عادة سنة - يجب توفرها وبشكل دقيق. ويجب أن يكون واضحاً أن ذلك لا يعني تلقائياً أن يكون مستوى الإنتاج المخطط لكل فترة مساوياً للطلب خلالها. فقد يكون هذا الرقم أعلى أو أقل حسب ظروف الطاقة ويفرض تقليل التكاليف لمدة الخطة ككل. كذلك فإن هذه الأرقام المقررة يجب أن يتم إعادة النظر فيها في نهاية كل فترة على ضوء الأرقام الحقيقية للطلب والتوقعات الجديدة لظروف المنافسة والظروف الاقتصادية خلال فترة الخطة.

أما النوع الثاني من البيانات والذي يحكم إلى حد كبير الخطة الإنتاجية فهو البيانات الخاصة بالوضع الحالي Current operating level لمستوى التشغيل. ويقصد بذلك مستوى الإنتاج، وحجم المخزون وحجم العمالة في نهاية الفترة السابقة مباشرة على فترة التخطيط. وهذه تمثل أرقام الإنتاج والمخزون والعمالة التي تبدأ بها خطة الإنتاج Point of departure. أما مستوى الإنتاج (الطاقة) الحالي فيحدد أساساً لأنه يمثل نقطة على منحنى تكاليف الإنتاج الإجمالية للمحشة والذي لا يكون خطاً مستقيماً وإنما يرتبط بمستوى الطاقة. فعندما يتم استخدام كل الطاقة المتاحة

(أقل مستوى لتكاليف إنتاج الوحدة) قد يستلزم رقم الإنتاج الجديد إضافة طاقة جديدة مثل شراء آلات ومعدات جديدة. والذي عادة ما يكون مصحوباً بارتفاع في تكاليف الوحدة إلى أن يكون هناك طلب يبرر استخدام هذا المستوى الجديد من الطاقة إلى أقصى حد. فقد يكون البديل في مثل هذه الحالات تشغيل العاملين وقتاً إضافياً (وردية ثانية أو ثالثة) بدلاً من إضافة طاقة جديدة. باختصار فإن تحديد أرقام الإنتاج المخططة للفترة القادمة يجب أن يأخذ في الاعتبار الطاقة العالية ومستوى الإنتاج حيث أن مجرد الإنتاج على أساس طاقة أعلى أو أقل يستلزم تعديل مستوى الطاقة العالية وذلك أمر يترتب عليه تكاليف يجب أخذها في الحسبان. بقيت نقطة أخيرة وهي أن تلك الطاقة أو مستوى الإنتاج قد تحدد في شكل عدد من الوحدات أو عدد ساعات عمل. وفي كل الحالات يجب أن تكون على أساس الإنتاج الفعلي وليس المقرر. وكذلك يعد للمخزون الإجمالي في نهاية الفترة السابقة على مدة التخطيط - وهو مخزون أول المدة بالنسبة للفترة الأولى من الخطة - أساساً لتقدير أرقام الإنتاج. فمن الواضح أن وجود مخزون عالي في بداية المدة قد يبرر تخفيض الإنتاج خلال الفترة التالية والعكس في حالة وجود مخزون منخفض أو عملاء منتظرين للسلعة.

بقى الآن جمع معلومات عن رقم العمالة في بداية الفترة والذي يحكم في أحيان كثيرة رقم الإنتاج في الفترة التالية. ويرجع ذلك غالباً إلى صعوبة تغيير مستوى العمالة سواء بالزيادة أو النقص. فعمليات الاختيار والتعيين غالباً ما تتطلب وقتاً وتكلفة. لذلك يصعب أحياناً الفصل أو الاستغناء إما بسبب قوة النقابات أو التكاليف المترتبة على عملية الفصل والتي سوف يتم دراستها بالتفصيل فيما بعد.

أما النوع الثالث من البيانات اللازمة لاختيار أفضل توليفة اقتصادية من الإنتاج والمخزون والعمالة فهو بيانات عن التكاليف المترتبة على اختيار استراتيجية معينة لمواجهة الطلب المتنبئ. وكما ذكرنا سابقاً يمكن مواجهة الطلب المتقلب عن طريق إما إنتاج ما يعادل الطلب وفي هذه الحالة سوف يتم تغيير مستوى العمالة مع تغيير مستوى الإنتاج، أو عن طريق تغير مستوى المخزون مع ثبات رقم الإنتاج، أو عن طريق تشغيل الوقت الإضافي، أو عن طريق الاعتماد على إنتاج جهات أخرى. وعلى ذلك يمكن تحديد

أنواع بيانات التكاليف اللازمة والواجب أخذها في الحسبان عند اختيار البديل الأنسب على النحو التالي:

أ- تكاليف تغيير عدد الأفراد العاملين: وهي إما تكاليف التعيين بما تنطوي عليه من تكاليف الاختيار والمقابلة والتدريب، أو تكاليف تخفيض العدد وهي تكاليف الفصل بما تتضمن من تعويض مادي أو مساهلة قانونية.

ب- تكاليف تغيير درجة تشغيل العاملين: وهي إما تكاليف الأجر الإضافي في حالة تشغيل العاملين وورديات إضافية Overtime والتي غالباً ما تكون أعلى من تكاليف تشغيل الوقت الأصلي، أو تكاليف الأجر الذي يدفع للعاملين وهم يعملون أقل من وقت العمل العادي Under time. وهذه الأخيرة بمثابة وقت عطل تتجمله الشركة.

ج- تكاليف تغيير مستوى المخزون: وهي تتضمن تكاليف التخزين Holding Cost في حالة إنتاج أعلى من مستوى الطلب - تراكم المخزون - واستخدام المخزون عند الحاجة إليه، وإيضاً تكاليف عدم توافر عدد كاف من الوحدات Stock out. Cost في حالة عدم وجود مخزون كاف لمواجهة الطلب. وهذه الأخيرة تمثل تكلفة احتمال خسارة المستهلك والغرامة التي تترتب على عدم إمكانية الوفاء بالطلبات المتفق عليها.

د- تكاليف الاعتماد على الغير: لإنتاج ما يزيد على الطاقة المتاحة Subcontracting Cost. وهي سعر شراء الوحدة المنتجة لدى الغير والتي يعتمد عليها لمواجهة الطلب الزائد.

المخرجات Outputs:

قبل أن نتناول أساليب تخطيط الإنتاج قد يكون من المناسب أن نوضح مسبقاً المخرجات التي نتوقعها من عملية تخطيط الإنتاج. بمعنى آخر ما هي البيانات التي إذا توافرت اعتبرنا أن لدينا خطة إنتاج متوسطة المدى؟ بشكل أساسي تتضمن الخطة

تقديرات لكل فترة زمنية - شهر - عن مستوى الإنتاج والمخزون والعمالة اللازمة، وهي:

1- مستوى الإنتاج لكل فترة زمنية (أ)، وهو تقدير إجمالي لمستوى الإنتاج المطلوب تحقيقه في كل شهر (الخطة عادة تغطي 12 شهراً) خلال العام القادم. وبالطبع تستخدم هنا وحدة مقياس عامة حتى يمكن التجميع. ومن المتوقع أن تكون هذه الأرقام مختلفة من فترة لأخرى. وهذه التقديرات الإجمالية هي مدخلات للمرحلة التالية وهي Disaggregating والتي يتم فيها تقدير المطلوب إنتاجه من كل منتج خلال فترة والتي تعرف بجدول الإنتاج الأساسي Master Production Schedule.

2- مستوى العمالة لكل فترة زمنية (ب)، وهي التقديرات الإجمالية من العمالة المباشرة Work Force - في شكل عدد الأفراد - لإنتاج المستويات (أ) التي تم تقديرها. وهي تقديرات إجمالية دون تخصيص لأقسام أو منتجات.

3- مستوى المخزون المخطط لكل فترة زمنية (ج)، وهي التقديرات الإجمالية لتوقعات المخزون المقروض تواجدها في نهاية كل فترة زمنية - وليس في أولها. وذلك قد يكون في شكل وحدات أو قيمة أو عدد ساعات عمل لازمة لهذا المخزون. ويجب أن يكون واضحاً أن مستوى المخزون قد يكون صفراً في آخر المدة أو يخطط له أن يكون رقم سالب في حالة انتظار العملاء لحين توافر الصنف Back orders.

هذا هو المخرج Output الأساسي لعملية تخطيط الإنتاج. ولكن هناك مخرج جانبي مهم وهو تقدير التكاليف المترتبة على تنفيذ تلك الخطة وعلى مدار العام. وسوف نعود إلى تقدير التكاليف بالتفصيل عند الحديث عن الأساليب.

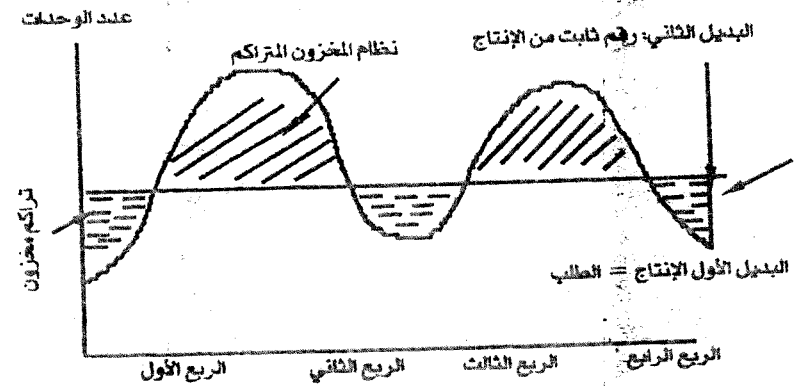
أساليب تخطيط الإنتاج Production planning techniques:

تنقسم الأساليب المستخدمة في تخطيط الإنتاج إلى مجموعتين أساسيتين. أما الأولى فهي الأساليب التي تعتمد على المحاولة والخطأ Trial - and - Error والتي تعرف عادة

بالطرق البيانية Graphical approaches والتي لا تضمن الوصول إلى الحل الأمثل Optimal ولكنها تقارن آثار التكاليف المترتبة على اتباع أكثر من استراتيجية إنتاجية ثم تختار الأفضل من بينها. أما المجموعة الثانية فهي مجموعة الأساليب الرياضية التي تتراوح بين مجموعة الأساليب التي تهدف إلى الحل الأمثل - مثل البرمجة الخطية وطريقة القوائم الخطية - ومجموعة أساليب الاجتهاد المنظم Heuristics. ونظراً لوجود مقرر متخصص في هذا المجال، فسوف نعالج في الجزء التالي الطريقة البيانية فقط.

### □ الطريقة البيانية : Graphical Method :

تقوم هذه الطريقة على إعداد قائمة تتضمن أكثر من استراتيجية لمواجهة الطلب المتقلب والتي يمكن عن طريقها تحديد أرقام الإنتاج، ثم تقدير التكاليف الإجمالية السنوية المترتبة على كل منها واختيار الاستراتيجية التي تحقق أقل التكاليف بينها. وقد تكون هذه الاستراتيجيات التي يتم تقييمها واحدة أو أكثر من تلك الاستراتيجيات الأربعة التي سبق ذكرها عند معالجة الحاجة إلى تخطيط الإنتاج أو قد تكون استراتيجية جديدة تجمع أكثر من بديل معاً. ومثال ذلك الاعتماد على المخزون وعلى الفور في الوقت ذاته لمواجهة الزائد. ولإيضاح ذلك دعنا نستخدم شكل (2-7).



شكل (2-7)

هذا الشكل يوضح حالة افتراضية لمستوى طلب متقلب على مدار العام يتسم بالموسمية الربيع سنوية والذي يمكن مواجهته عن طريق أكثر من بديل أو استراتيجية. وتتراوح هذه بين الإنتاج المتغير حسب الطلب مع تفسير حجم العمالة (الاستراتيجية الأولى) والإنتاج الثابت مع تغير حجم المخزون (الاستراتيجية الثانية). أما في الحالة الأولى فسوف ينطبق منحني الطلب المتوقع على منحني الإنتاج ولا توجد تكلفة تخزين حيث إن كل ما ينتج ويبيع في الفترة ذاتها. بينما هناك نوع آخر من التكاليف هو تكاليف تغيير حجم العمالة. فسوف يقوم المشروع خلال النصف الأول من الربيع الأول من العام بالاستغناء عن بعض العاملين ثم يقوم مرة أخرى بتعيين عاملين جدد حتى نهاية النصف الأول من الربيع الثاني.. وهكذا. أما الاستراتيجية الثانية فسوف لا يترتب عليها تكاليف تغيير عمالة بينما سوف يترتب عليها تكاليف الاحتفاظ بالمخزون. دعنا نأخذ مثلاً رقمياً.

#### مثال (1-7)

بافتراض أن الطلب لمدة ستة شهور لإحدى السلع حسب ما هو موضح بالجدول الأول ومخزون أول المدة 15 وحدة، وعدد العاملين المستخدم حالياً هو 20 فرداً وأن كل وحدة تستلزم 10 ساعات عمل مباشر ومتوسط عدد ساعات العمل التي يستطيع أن يقدمها العامل في الشهر هي 50 ساعة فقط. كما أن تكاليف التعيين للعامل الواحد تصل إلى 100 وحدة وتكلفة الفصل والآثار المترتبة عليه تصل إلى 300 جنيه. كذلك فإن تكلفة الاحتفاظ Halding Cost بوحدة لمدة فترة زمنية واحدة تتكلف 50 جنيه بينما تتحمل الشركة تكلفة عجز Shortage Cost قدرها مائة جنيه مقابل عدم الوفاء بالوحدة عن كل فترة زمنية.

يتضح من الجدول (1-7) أن اختيار استراتيجية الإنتاج المتغير حسب الطلب مع تغير حجم العمالة يترتب عليه إجمالي تكاليف قدرها 2300 جنيه. أما الاستراتيجية الثانية في جدول (2-7) والتي تقوم على ثبات رقم الإنتاج فيلزمها اختيار مستوى ثابت من الإنتاج لضمان عدم تحمل تكاليف تغيير حجم العمالة. وذلك بافتراض أن الشركة في بداية اختيار العدد اللازم من العمال فليس هناك ارتباط بهند عاملين مسبق.

ومن بين الطرق التي يمكن بها تحديد هذا الرقم الثابت هي الاعتماد على المتوسط الشهري للطلب المتوقع. وهو في هذه الحالة يعادل  $110 = 6 \cdot (15 - 675)$  وحدة شهرياً. وفي ظل هذه الاستراتيجية تتحمل الشركة النوع الأول من تكاليف التخزين وهو تكاليف الاحتفاظ بـ 17.5 وحدة في صورة متوسط المخزون والتي بلغ عليها الإجمالي على مدار الشهور الست 17.5 وحدة يبلغ تكاليف الاحتفاظ بها 875 جنيه على أساس أن تكاليف الاحتفاظ بوحدة لمدة فترة زمنية واحدة بتكلف 50 جنيه.

#### الأسعار التوجيهية الأول

##### الإنتاج التفرع حسب حجم الطلب المتوقع

الفترة	الطلب المتوقع بالوحدات	الإنتاج المخطط بالوحدات	الإنتاج في شكل عدد ساعات عمل	عدد الأفراد اللازمين	التغير في حجم المادة لتأمين فصل	تكاليف التغير في المادة (جنيه) صفر
يناير	115	100	1000	20	-	400-100×4
فبراير	120	120	1200	24	4	600-300×2
مارس	110	110	1100	22	2	100-100×1
أبريل	115	115	1150	23	1	900-300×3
مايو	100	100	1000	20	3	300-100×3
يونيو	115	115	1150	23	3	2300 جنيه
	675					

\* الإنتاج للفترة الأول = الطلب المتوقع للفترة الأول - رصيد أول المدة =  $15 - 115 = 100$  وحدة.

جدول رقم (1-7)



## الجدول التجميعي الثاني

### رقم الإنتاج ثابت مع تغير حجم المخزون

الفترة	الحاصل للتوقع	الإنتاج المخطط	مخزون أول	مخزون آخر	متوسط	تكاليف العجز بالمليون
يناير	115	110	15	10	7.5	$375 = 50 \times 7.5$
فبراير	120	110	10	صفر	5	$250 = 50 \times 5$
مارس	110	110	صفر	صفر	صفر	صفر
أبريل	115	110	صفر	(5)	صفر	$500 = 100 \times 5$
مايو	100	110	(5)	5	2.5	$125 = 50 \times 2.5$
يونيو	115	110	5	صفر	2.5	$125 = 50 \times 2.5$
						1375

\* الإنتاج المخطط شهرياً = إجمالي الطلب خلال الشهور الست - مخزون أول المدة = عدد الفترات  $\times 110 = 6 \times 190 = 1140$  وحدة

شهرية

\*\* مخزون آخر المدة = مخزون أول المدة + الإنتاج المخطط - الطلب المتوقع لكل فترة. وذلك سوف يكون هو نفسه مخزون أول المدة للفترة التالية.

وتعتبر الفرق الم بين الأقواس بين المخزون وذلك يعني طلب لم يتم الوفاء به، ويفترض أن هذا الجزء من الطلب يمكن إيفاءه في فترة تالية Backlogs.

وأما النوع الثاني الواجب مراعاته هنا فهو تكاليف عدم القدرة على الوفاء بالاحتياجات Stock out Cost. فإذا افترضنا أن العميل سوف ينتظر لحين وجود السلعة Backlogs، فإن إجمالي العجز على مدار الشهور الست يعادل 5 وحدات. فإذا كانت الشركة تتحمل غرامة قدرها مائة جنيه مقابل عدم الوفاء بالوحدة عن كل فترة زمنية فإن إجمالي الغرامات يعادل 500 جنيه. وبذلك تكون التكاليف الإجمالية لهذه الاستراتيجية هي 1375 جنيه والتي هي أقل من تكاليف الاستراتيجية الأولى.

إذا كنا نفكر فقط في تلك الاستراتيجيتين السابقتين، فمن الواضح أن الاستراتيجية الأولى تكون هي الأفضل. لكن دعنا نفكر في استراتيجية ثالثة والتي قد تجمع بين أكثر من بدليين. فقد ترى الشركة الاعتماد على تشغيل العاملين وقتاً إضافياً في حدود  $10 \times$  فقط من طاقة الإنتاج الأصلية (وهي 20 عامل  $\times 5$  وحدات للعامل شهرياً)، وذلك بواقع 5 جنيه أجر إضافي للساعة. أي أنه إذا كان رقم الإنتاج المرغوب في حدود 110 وحدة يتم الاعتماد على الطاقة الأصلية والطاقة الإضافية، أما ما يزيد على ذلك فيتم شراؤه من خارج المشروع Subcontracting. ويفرض أن الوحدة يمكن شراؤها من منتج آخر بواقع 70 جنيه للوحدة فإن النتيجة تكون كما في الجدول (7 - 3).

جدول رقم (7 - 2)

الاستراتيجية الثالثة

الإنتاج المتغير حسب الطلب مع الاعتماد على الوقت الإنتاجي وإنتاج الغير

الكمية الإجمالية	تكلفة الشراء من الغير	عدد الوحدات الواحدة المتكافئة عليها مع الغير	تكلفة الوقت الإنتاجي الزائد	الوقت الإضافي في مليون 10 x (ساعة)	الإنتاج في شكل عدة ساعات عمل	الإنتاج الضغط بالوحدات	الطلب المتوقع بالوحدات	الفترة
1200	700	10	500	100	1000	100	115	يناير
500	-	-	500	100	1200	120	120	فبراير
850	350	5	500	100	1100	110	110	مارس
850	350	-	500	100	1150	115	115	أبريل
850	350	5	500	100	1000	100	100	مايو
3400	-	-	500	100	1150	115	115	يونيو

ويمكن تلخيص نتائج الاستراتيجيات الثلاثة على النحو التالي :

الاستراتيجية الثالثة	الاستراتيجية الثانية	الاستراتيجية الأولى	
2000	-	2300	تكلفة التغير في العمالة
-	1375	-	تكلفة الوقت الإضافي
1400	-	-	تكلفة التخزين والعجز
-	-	-	تكلفة الشراء من الغير
3400	1375	2300	إجمالي التكاليف <sup>(*)</sup> (جنيه)

\* هذه هي التكاليف المترتبة على اختيار استراتيجية دون أخرى، وهي لا تتضمن تكاليف الإنتاج نظراً لتساويها في كل الحالات.

ويتضح من هذا الجدول أن أفضل الاستراتيجيات هي الثانية (1375 جنيه) والتي تقضي بثبات رقم الإنتاج مع تغير حجم المخزون.

وعلى الرغم من سهولة هذه الطريقة البيانية وبساطتها إلى أنه من الواضح أنها لا تضمن بأي حال من الأحوال الوصول إلى الحل الأمثل. أي إلى الخطة الإنتاجية التي تضمن أقل التكاليف. فمن الممكن نظرياً التفكير في عدد لانهاثي من البدائل، وقد يكون البديل الأمثل غير موجود ضمن مجموعة الاستراتيجيات التي يتم تقليد التكاليف لها ومقارنتها. وعلى الرغم من شيوع تلك الطريقة في الحياة العملية لبساطتها، إلا أن هنت مجموعة من الأساليب الأخرى المتقدمة التي تقدم حلاً أمثل أو حلاً قريباً إلى الأمثل والتي عادة ما نعالجها تفصيلاً في مقرر متخصص في تخطيط ومراقبة الإنتاج<sup>(1)</sup>.

(1) راجع كتاب المؤلف في تخطيط ومراقبة الإنتاج، المكتب العربي الحديث، الإسكندرية، 1992.

## الفصل الثامن

### جدولة الإنتاج

#### Scheduling Operations

- أهمية جدولة الإنتاج.
- مخرجات عملية جدولة الإنتاج.
- جدول العمليات.
- عملية التحميل.
- خريطة جانت.
- طريقة التخصيص.
- عملية تحديد التتابع في حالة ن / 1.
- عملية تحديد التتابع في حالة ن / 2.
- عملية الجدولة عملية دائمة.
- استخدام الكمبيوتر في عملية الجدولة.
- جدولة تقديم الخدمات.

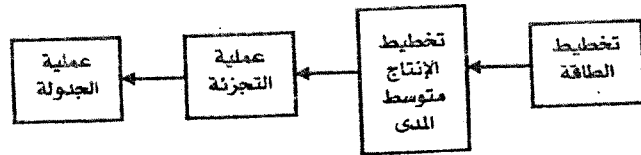
## الفصل الثامن

### جدولة الإنتاج

#### Scheduling Operations

كما ذكرنا في فصل تخطيط الإنتاج، فإن الجدولة هي عملية تخطيط الإنتاج لفترات قصيرة قد تكون أسابيع أو أيام أو لعدة ساعات. وهي تتضمن تخصيص الموارد المتاحة (عدد ومعدات، آلات، عمالة، مكان.... الخ) لتشغيل الأوامر الإنتاجية Jobs المطلوب، أو للقيام بالأعمال والأنشطة اللازمة، أو تخصيصها لخدمة مجموعات مختلفة من المستهلكين. فتحميل أوامر الإنتاج على ماكينات معينة، أو تخصيص الممرضات لخدمة مجموعات معينة من المرضى، أو تخصيص أتوبيسات معينة لخدمة خطوط معينة، أو توزيع حصص التدريس على المدرسين في إحدى المدارس. كل هذه ما هي إلا عمليات جدولة للإنتاج أو لأداء الخدمة.

وطالما أن عملية الجدول تتضمن التخصيص فإنها تعتمد على الطاقة والموارد التي تم تدبيرها طبقاً لتقديرات مرحلة تخطيط الإنتاج متوسطة المدى الإجمالية Aggregate Production Planning. ويعني ذلك أن الجدولة هي آخر عمليات تخطيط الإنتاج بدءاً بتخطيط الطاقة ومروراً بالتخطيط متوسط المدى كما في الشكل (1-8).



شكل (1-8)

ويترتب على ذلك أن مرحلة الجدولة تكون مقيدة بكل قيود المراحل السابقة. وتهدف جدولة الإنتاج إلى تحقيق الاستخدام الفعال effective والكفاءة efficient للطاقة الإنتاجية التي تم تحديدها مسبقاً، مع ضمان مستوى خدمة معينة للعملاء. وتنشأ صعوبة عملية الجدولة من أن هذه الأهداف قد تكون متعارضة مع بعضها البعض في أحيان كثيرة كما سنرى فيما بعد.

وفي الواقع العملي، تكون نتيجة القيام بعملية الجدولة (مخرجات) هي خطة زمنية تفصيلية (جدول) للأنشطة، يوضح بها ما سوف يتم إنجازه، وتاريخ البدء والإنهاء، والوارد المخصصة له. فجدول الرحلات لإحدى شركات الطيران، أو جدول ساعات العمل للممرضات كلها تعبر عن الشكل النهائي (مخرج) لعملية الجدولة.

### □ أهمية جدولة الإنتاج:

تتبع لأهمية وظيفة الجدولة من حقيقتين أساسيتين:

(1) يترتب على عدم الكفاءة في الجدولة عدم الاستغلال الجيد للطاقة المتاحة. ويظهر ذلك في شكل وجود آلات أو أفراد أو معدلات عاطلة في انتظار البدء في تشغيل بعض الأوامر. وبالطبع يترتب على ذلك ارتفاع تكاليف الإنتاج مما يضعف من قوة المنشأة التنافسية.

(2) تؤدي عدم الكفاءة في الجدولة إلى تحريك أوامر الإنتاج ببطء في العملية التشغيلية مما يترتب عليها في كثير من الأحيان عدم القدرة على تسليم الطلبات في موعدها، مما يعد أمراً غير مرغوب على الإطلاق سواء من قبل المنشأة أو المتعاملين منها. وقد تحاول المنشأة معالجة مثل هذه الحالة بالإسراع في إنجاز تلك الأوامر المهمة المتأخرة Hot Jobs، ويكون ذلك عن طريق الاعتماد على موارد عادة ما تكون ذات تكلفة مرتفعة مما يرفع من تكاليف التشغيل. ولوهذه السببين فإنه عادة ما يتم تقييم جودة (نجاح) عملية الجدولة على أساس درجة القدرة على تسليم الطلبات في موعدها، ودرجة استغلال الموارد الإنتاجية المتاحة للتشغيل.

### □ مخرجات عملية جدولة الإنتاج:

يهدف نشاط الجدولة إلى الوصول إلى اتخاذ قرارات فيما يتعلق بجوانب محددة

أهمها:

1- التحميل Loading.. وهي عملية توفيق matching بين الطاقة اللازمة لتشغيل الأوامر اللازم إنتاجها مع الطاقة المتاحة. ويكون ذلك عن طريق

عملية تخصيص الأوامر على آلات أو عدد أفراد معينين، بشكل يمكن من تقليل تكاليف التشغيل إلى أقل حد ممكن.

2- التتابع Sequencing .. وهي إعطاء أولويات لتشغيل الأوامر الإنتاجية. ويعني ذلك تحديد تتابع معين لتشغيلها على الوحدات الإنتاجية

3- المتابعة Monitoring .. وهي الوقوف الدائم على حالة التشغيل لتلك الأوامر ومتابعة التنفيذ حسب التحميل والتتابع الموضوع بشكل يمكن معه - إذا استلزم الأمر - تغيير الجدول الموضوع وعمل تسهيل expediting للأوامر المتأخرة.

ونظراً لأنه يصعب تغطية كافة أنواع الجدولة الشائعة في مجال الإنتاج والعمليات تحت موضوع واحد، فإنه قد يكون من المفيد هنا التمييز بين الحالات المختلفة للجدولة والتي تختلف حسب نوع العملية الإنتاجية. ففي حالة خط الإنتاج عادة ما يكون إنتاج الخط مرتبط بالطريقة التي تم بها تصميم الخط، والذي تم معالجته تفصيلاً في الفصل الخاص بالترتيب الداخلي للموقع. كذلك فإن جدولة الأنشطة التي تمثل مجموعة مشروع معين يتطلب أساليب خاصة مثل أسلوب Critical Path Method Program (CPM)، Evaluation and Review Technique (PERT) والمعروفين بأساليب جدولة الأعمال Project Scheduling أو شبكات الأعمال Network والتي يتم معالجتهما في مقررات الطرق الكمية. ويتبقى الآن نوع العمليات الإنتاجية التي - أدة ما يوصف بأنه إنتاج منقطع Intermittent processes والذي يقوم على ترتيب العمليات Process Layout كأساس للترتيب الداخلي للوحدة الإنتاجية، والذي يعرف بورشة الأوامر Job-Shop.

ويجب التنويه هنا إلى أن هذا التعبير (ورشة الأوامر) قد نشأ أصلاً في البيئة الصناعية، ولكنه يستخدم الآن للتعبير عن شكل أداء الخدمات الإنتاجية في المصانع، المستشفيات، والمكاتب، والمدارس. ففي قطاع الخدمات مثلاً يمكن أن يمثل العميل الطالب للخدمة ما يسمى بأمر Order في البيئة الصناعية. وسوف يتناول هذا الفصل جدولة الإنتاج في حالة الترتيب على أساس العمليات.

## □ جدولة العمليات Process Scheduling :

في الحالة الشائعة لترتيب التسهيلات Facilities Layout والتي يتم فيها الترتيب على أساس العملية Process Layout عادة ما تكون هناك عدة أوامر إنتاجية يراد إنتاجها جميعاً ولكل منها مواصفات خاصة. ولذلك فإن كل منها يكون له مسار معين route بين الأقسام أو الآلات داخل الورش shop التي تقوم كل منها بتقديم عملية معينة لازمة لهذا الأمر. ومثال ذلك وجود مصنع لإنتاج الأثاث يتكون من ثلاث ورش، الأولى للتقطيع والثانية للتجميع والثالثة للدهان، فقد يتلقى هذا المصنع طلبية لإنتاج الكرسي وأخرى للترابيزات وثالثة لحجرات النوم. وقد يكون مطلوب لبعضها الثلاث عمليات أو قد يكون مطلوب لبعضها بعض العمليات فقط وذلك على حسب المواصفات المطلوبة، كأن يتم الاتفاق على تسليم الكرسي بدون دهن وفي كلاً هذه الحالات، يكون المطلوب هو عمل جدول للإنتاج يتضمن وقت البدء والانتهاء من كل طلبية وكذلك التتابع Sequencing في تنفيذ هذه الطلبيات.

وترجع الصعوبة في الوصول إلى حل أمثل لهذه المشكلة إلى حقيقة أن كل طلبية تختلف عن الأخرى من حيث وقت التسليم المتفق عليه، والوقت اللازم لإتمام العملية في كل قسم. كذلك فإن هذه الأوامر تشترك في استخدام القسم نفسه أو الآلة والتي عادة ما تكون ذا طاقة تشغيلية محدودة. ويكون المدير في مشكلة دائمة سببها أنه يتعامل مع طاقة محدودة كما أنه يريد تسليم الطلبيات في موعدها. علاوة على ذلك لا يريد أن تكون هناك طاقة عاطلة في تلك المراكز الإنتاجية.

وهذه المشكلة ليست قاصرة على العمليات الصناعية فقط ولكنها شائعة أيضاً في مؤسسات تقديم الخدمات. خذ المستشفى على سبيل المثال، هناك الأقسام العلاجية المختلفة التي قد يتطلب لريض معين (أو أكثر من مريض) استخدامها. كما أن هناك غرفة الطوارئ وغرفة الإنعاش. فالأولى تتولى تقديم خدمات مختلفة حسب الحالة الطارئة التي ترد إليها ورغم ذلك لديها طاقة محدودة من حيث عدد الأسرة والأطباء والممرضات. وفي غرفة الإنعاش قد تأتي إليها حالات من أي الأقسام أو حالات طارئة من خارج المستشفى. وتظل المشكلة هي وضع أولويات لهذه الحالات (إذا أمكن ذلك)

وتقليل احتمال وجود وقت عطل في تلك الوحدات. مثال آخر: ورشة إصلاح سيارات بها أكثر من قسم أو أكثر من عامل كل منهم يقوم بعملية معينة (كهرباء، موتور، سمكرة، دوكو، فرامل، زجاج) وتتلقى العديد من السيارات المطلوب لكل منها القيام بإصلاح واحد أو عدة إصلاحات وعلى صاحب الورشة إعطاء موعد تسليم للعميل. والعمليل يرغب دائماً في الحصول على سيارته بأسرع ما يمكن. صاحب الورشة يدفع أجور لكل العاملين لديه ويسعى إلى عدم وجود طاقة عاطلة في أحد الأقسام على مدار اليوم مع الوفاء بالتزاماته تجاه العميل. مثل هذا النوع من المشاكل يوجد بشكل يومي في الحياة العملية في البنوك، في المجمعات، في المدارس وفي المطاعم أيضاً.

## □ العوامل التي تحكم أسلوب الجدولة المستخدم :

وقبل أن نعرض أهم الأساليب الشائعة في تحديد التتابع sequencing والتحميل loading في مثل هذه الحالات، سوف نستعرض العوامل الواجب أخذها في الحسبان والتي قد تميز حالة عن أخرى .. وهي : (8)

(1) شكل الطلب على العملية أو الخدمة، ويقصد بذلك كينية ورود أوامر الإنتاج. حيث يوجد حالتان في هذا الصدد. أما الأولى فهي حالة افتراض الورد في لحظة واحدة static arrival. وفيها يتم تسليم أوامر الإنتاج أو الطلب على الخدمة لمركز الإنتاج في وقت واحد ويكون للمركز الإنتاجي قرار اختيار أي منهم للبدء به. وبالطبع لا يعني ذلك أن الأوامر لا ترد للمنشأة عملياً في وقت واحد فذلك يرجع إلى المستهلك أو العميل ولا يمكن التحكم فيه. ومثال ذاك فتح باب الحجز على سلعة معينة لفترة محددة يتم فيها تلقي الأوامر والطلبات. أما الحالة الثانية فهي حالة ورود الطلبيات والأوامر في أي وقت dynamic arrival وفيها يتم تسليم الأمر للمركز الإنتاجي حسب وصوله، ومثال ذلك غرفة الطوارئ في المستشفى.

(2) شكل التعلق خلال الوحدة الإنتاجية routing، في غالب الأحيان تتكون الوحدة الإنتاجية من أكثر من مركز إنتاجي أو قسم يتم إنتاج الطلبية أو تقديم الخدمة بالمرور على بعض أو كل هذه المراحل .. وفي هذه الحالة يمكن

التمييز بين الحالة التي تمر فيها كل الأوامر الإنتاجية على العمليات نفسها وبالتتابع نفسه والتي تعرف بحالة الوحدة ثابتة التدفق Flow shop. وحالة أن يكون لكل أمر أو طلبية تفيق معين حسب مواصفات الطلبية أو نوع لخدمة المطلوبة. ومثال ذلك غرفة الطوارئ في المستشفى. حيث تتوقف أنواع العمليات المقدمة على حالة كل مريض. ويجب التنويه إلى أن الوحدة الإنتاجية ليست حتماً تدخل تحت أي من هذين الشكليين ولكنها في غالبية الأحيان تسمح بخلط منها Hybrid job-shop.

(3) عدد ونوع المراكز الإنتاجية والآلات الموجودة: فسوف نرى أن المعالجة الرياضية سوف تختلف حسب عدد الآلات ونوع العمليات المطلوبة لكل أمر.

(4) معايير التقييم: بالطبع عند محاولة الوصول إلى تتابع معين للأوامر يجب أن يؤخذ في الحسبان المعيار المستخدم للمقارنة بين أكثر من بديل. وسوف يختلف بالطبع المعيار المستخدم لتحديد التتابع في حالات الإنتاج الصناعية عن ذلك المستخدم في غرفة الطوارئ بالمستشفى مثلاً. وأهم تلك المعايير المستخدمة (أ) متوسط الوقت الذي تستغرقه الطلبية في الوحدة الإنتاجية Flow-time (ب) العدد الأقصى للوقت المنقضي في الوحدة الإنتاجية (ج) متوسط التأخير عن موعد التسليم المحدد Average Tardiness.

(5) قواعد الأولوية: وهي التي تعد أساساً لتحديد تتابع الأوامر ومن أمثلتها (أ) الوارد أولاً يخرج أولاً FCFS (ب) الوارد أخيراً يخرج أولاً LIFO (ج) الأوامر التي يلزمها وقت قصير أولاً SPT (د) الأوامر الحرجة أولاً LS (هـ) موعد التسليم DD (سوف يتم ذكر مجموعة أخرى في جزء لاحق).

#### □ عملية التحميل Job - Loading :

عندما تصل الأوامر الإنتاجية إلى الوحدة الإنتاجية Facility يكون أول عمل أن تخصص assign تلك الأوامر على مراكز العمل work centers المختصة بتشغيلها processing. وهذه الأوامر قد تكون مرضى يتم تخصيصهم على أطباء أو غرف عمليات. أو تكون قضايا يتم تخصيصها على معاكم أو قضاة. أو قد تكون مطالبات

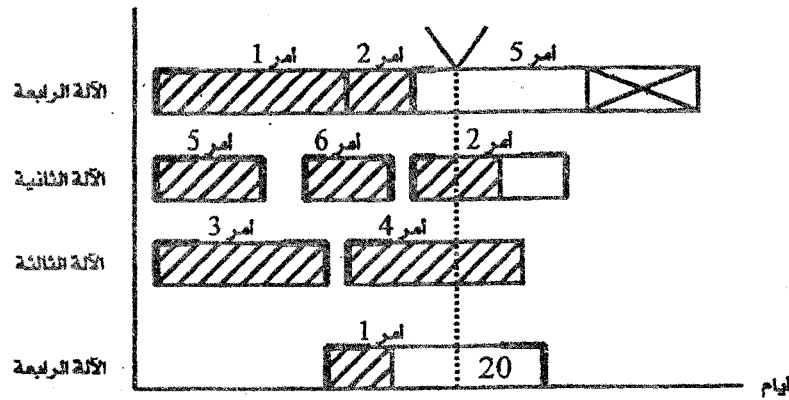
في شركة تأمين يتم تخصيصها على مراجعين أو مثنين. وبالطبع في البيئة الصناعية تكون هذه أوامر إنتاجية بمواصفات معينة يتم تخصيصها على الورش الإنتاجية أو العنابر المختلفة machine centers. وتستخدم اصطلاح التحميل shop loading للدلالة على عملية تخصيص الأوامر على مراكز التشغيل بشكل يحقق أهداف محددة موضوعة، مثل تقليل التكاليف أو تقليل وقت التشغيل الإجمالي.

ومن السهل نسبياً القيام بعملية التحميل في الحالات التي لا يمكن فيها تقسيم الأمر الإنتاجي job. بمعنى أنه يعامل كوحدة واحدة يصعب توزيعها كأجزاء على مراكز إنتاجية مختلفة. ومن حسن الحظ أن هذه هي الحالة الأكثر شيوعاً في الحياة العملية. ولكن ذلك لا يمنع وجود حالات أكثر تعقيداً يفضل فيها التقسيم كوسيلة لتحقيق استخدام أفضل للموارد المتاحة. وفي مثل الحالات البسيطة - التي يفترض فيها عدم التقسيم للأمر - يمكن استخدام خرائط جاننت Gantt Chart. كما أنه في ظل بعض الظروف التي سوف يتم إيضاحها فيما بعد يمكن استخدام بعض الحالات الخاصة للبرمجة الخطية مثل طريقة النقل وطريقة التخصيص assignment method.

#### □ خريطة جاننت Gantt Chart :

وهي من أقدم وأبسط وأوسع أساليب التحميل المستخدمة في الحياة العملية. وقد قدمها هنري جاننت أحد رواد حركة الإدارة العلمية في عام 1917 ومازالت تستخدم حتى الآن في الصناعة وفي مراكز تقديم الخدمات. وهي أداة لتوزيع الأوامر على التسهيلات الإنتاجية، كما أنها وسيلة لتتبع الأداء الذي يتم على كل أمر في الورشة. ومنها يمكن معرفة مدى التأخير في تشغيل الأمر ومدى تطابق الأداء مع الجدول الموضوع وإيضاح وقت العطل في مراكز العمل.

وعلى الرغم من أن شكل هذه الخرائط يختلف من مشروع لآخر عند التطبيق الفعلي حتى تلائم كل نشاط، إلا أنه يمكن القول بشكل أساسي بأنها تتكون من مصفوفة يمثل فيها الخط الأفقي الوقت بينما توضح أوامر التشغيل والآلات المراد جدولتها على المحور الراسي كما في الشكل (7 - 2). وعادة ما يتم استخدام الرموز التالية للدلالة على مفاهيم مهمة في عملية الجدولة:



شكل (8 - 2)

ويجب هنا أن يلاحظ أن تلك الخريطة تعطي تقريراً سريعاً لسير الأحداث في أي لحظة monitoring والتي يترتب عليها في كثير من الأحيان اتخاذ قرارات بشأن الأوامر المتأخرة behind schedule أو الأوامر المهمة hot jobs والتي قد تحتاج إلى تخصيص موارد أكثر أو تحويلها إلى آلات أخرى (إن أمكن). وذلك بقصد إتمامها في موعدها. وتعرف هذه العملية بالتسهيل expediting.

وعلى الرغم من بساطة وسهولة هذا الأسلوب في الرقابة على جدولة الإنتاج إلا أنها لا تكون ممكنة في حالات الأوامر العديدة والأنشطة المتداخلة والتي قد يلزم تخصيص موارد جديدة لها لتقليل وقت أدائها. وفي هذه الحالة يمكن استخدام طرق شبكات الأعمال PERT/CPM واسلوب تقدير المستلزمات MRP.

#### طريقة التخصيص The assignment method :

وهي حالة خاصة من حالات اسلوب النقل - الذي هو بدوره حالة خاصة من اسلوب البرمجة الخطية، والتي تستخدم في تخصيص أوامر إنتاج على آلات، أو أوامر عمل عمال.. وهكذا. ويفترض في هذه الحالة:

للدلالة على الوقت الذي يجب أن يبدأ فيه النشاط.

للدلالة على الوقت الذي يجب أن يتم فيه إتمام النشاط.

للدلالة على عمل مخطط (مجدول).

للدلالة على العمل الذي تم إنجازه.

للدلالة على الوقت الذي يتم فيها مراجعة الأداء Current time.

للدلالة على الوقت الزائد ، أو وقت إعادة التشغيل rework، أو وقت الصيانة .

يمثل شكل (8 - 2) مثلاً يفترض فيه أننا الآن في اليوم العشرين من الجدول، ويراد معرفة تقرير عن وضع أوامر التشغيل على مجموعة من الآلات. ومنه يتضح مثلاً أن الأمر 5 لم يبدأ بعد على الآلة الأولى رغم أنه كان من المقرر أن يبدأ في تاريخ مسبق (18 يوم مثلاً). كذلك فإن الأمر 2 يسير أسرع من الجدول الموضع له على الآلة الثانية. وكذلك الوضع بالنسبة للأمر 4 على الآلة الثالثة. بينما الأمر 1 يسير أبطأ من الجدول الموضع له على الآلة الرابعة حيث إن حجم العمل حتى التاريخ الحالي المنجز في الأمر 1 مفروض أن يكون أكثر مما تم تحقيقه. وبالطبع قد يرجع ذلك إلى عدم تسليم المواد اللازمة في موعدها أو لظروف في الآلة الأولى breakdown.



وتعتبر هذه القيم الواردة في الجدول على التكلفة الإضافية التي تتحملها المنشأة نتيجة للتخصيص الخطأ للأوامر على الآلات.

(2) بالنسبة لكل عمود (في الجدول السابق مباشرة) .. اشرح أقل رقم من كل الأرقام في العمود ذاته. وبذلك نضمن وجود صفر واحد في كل عمود على الأقل. وتكون النتيجة مثل الجدول التالي:

الأوامر \ الآلات	1	2	3	4
أ	20	صفر	صفر	صفر
ب	صفر	صفر	60	70
ج	20	صفر	10	40
د	30	صفر	50	30

وتعتبر هذه القيم الواردة في الجدول على التكلفة الإضافية التراكمية المترتبة على كل من التخصيص الخطأ للأوامر أو التخصيص الخطأ للآلات.

(3) ارسم أقل عدد من الخطوط المستقيمة الرأسية والأفقية التي تغطي جميع الأصفر في الجدول السابق .. وذلك كما يلي:

الأوامر \ الآلات	1	2	3	4
أ	20	صفر	صفر	صفر
ب	صفر	صفر	60	70
ج	20	صفر	10	40
د	30	صفر	50	30

(4) إذا كان أقل عدد من الخطوط في الخطوة السابقة يعادل عدد الأفراد وعدد الآلات، توقف. حيث يمكن تحديد الآن التخصيص الأمثل. أما إذا كان هذا العدد أقل من عدد الأوامر وعدد الآلات هم بالخطوة رقم (5). وفي حالة مثالنا هذا بما أن عدد الخطوط ثلاثة وهو أقل من عدد الآلات 4 فإنه يجب القيام بالخطوة الخامسة.

1- هناك عدد من الأوامر (الأشياء) ن يراد تخصيصها على عدد من الآلات (مراكز الأداء) ن. لاحظ أن العدد متساوي.

2- كل أمر يجب أن يخصص لآلة واحدة فقط. عملية واحدة تلزم لكل أمر.

3- يمكن استخدام دالة هدف واحدة للتقييم - عادة تكون تقليل تكاليف (مال أو وقت) تشغيل الأوامر.

مثال (1-8):

فيما يلي تكاليف تشغيل أربعة أوامر على أربع آلات مختلفة والمطلوب تحديد التخصيص الأمثل.

الأوامر \ الآلات	1	2	3	4
أ	70	50	50	60
ب	30	30	90	110
ج	30	10	20	60
د	50	20	70	60

خطوات الحل:

(1) بالنسبة لكل صف .. اشرح أقل رقم من كل الأرقام في الصف ذاته. وذلك سوف يجعل في كل صف على الأقل صفر واحد وسوف تكون النتيجة مثل الجدول التالي:

الأوامر \ الآلات	1	2	3	4
أ	20	صفر	صفر	10
ب	صفر	صفر	60	80
ج	20	صفر	10	50
د	30	صفر	50	40

(5) اختار أقل رقم من بين الأرقام غير المغطاة بخطوط مستقيمة، وهو 10، ثم

ثم يعمل جدول جديد بياناته كما يلي:

أ- بالنسبة للأرقام غير المغطاة اطرح الرقم الذي اختير (10) من كل منها وضعها بعد الطرح في الجدول الجديد.

ب- بالنسبة للأرقام المغطاة بتقاطع من الخطوط المستقيمة، أضف إليها الرقم 10 ثم ضعها في الجدول الجديد بعد الإضافة.

ج- بالنسبة للأرقام المغطاة بخط واحد انقلها كما هي:

وبذلك يكون الجدول التالي كما يلي:

الأوامر	الآلات	1	2	3	4
أ	20	10	صفر	صفر	صفر
ب	صفر	10	60	70	صفر
ج	10	صفر	صفر	30	صفر
د	20	صفر	40	20	صفر

(6) كرر الخطوة (4) .. وهي التي يتم فيها اختبار هل يجب التوقف أو لا ؟

وفي هذه الحالة أقل عدد للخطوط الذي يغطي الأصفار لابد أن يعادل عدد

الآلات والأوامر. حيث إنه أربعة خطوط مستقيمة رأسية وأفقية. وذلك

يعنى التوقف في هذه المثال عن هذا الحد. أما إذا كان الرقم أقل فيجب تكرار

الخطوة (5) حتى يتم الوصول إلى الحل الأمثل.

والسؤال الآن ما هو الحل الأمثل؟ من الجدول الأخير يمكن تحديد أفضل تخصيص

على النحو التالي:

أ- بالنسبة للصفوف التي بها صفر واحد في آخر جدول اختر هذا الصفر. بمعنى خصص الأمر على الآلة التي بها الصفر لتشغيل الأمر في الصف الذي به ذات الصفر. وفي المثال يتم اختيار الصفر الوحيد في الصف (ب) أولاً. بمعنى تخصيص الأمر (ب) على الآلة ثم يتم استبعاد تلك الآلة والأمر من التخصيص بعد ذلك.

ب- بعد حذف الآلة (1) والأمر (ب) يتبقى جزء من الجدول فيه صفر واحد، ولذلك يتم اختياره وبالتالي يخصص الأمر (د) على الآلة (2). ثم يتم استبعاد الآلة (2) والأمر (د).

ج- في الجزء المتبقي يكون هناك الصف ج- به صفر واحد ولذلك يتم اختياره ومعنى ذلك تخصيص ج- على 3.

د- يتبقى بعد ذلك صفر واحد ويعني تخصيص (أ) على 4.

ويمكن تلخيص التخصيص الأمثل على النحو التالي:

الأمر	الآلة	تكاليف التشغيل
أ	4	60
ب	1	30
ج	3	20
د	2	20

الحد الأدنى للتكاليف حسب التخصيص الأمثل هو 130 (يوم أو جنيه) ويجب هنا أن نشير إلى عدة حقائق مهمة خاصة بطريقة التخصيص:

1- يمكن أن يستخدم الأسلوب نفسه في حالة تعظيم الربح أو العائد كهدف للتخصيص.

2- يمكن استخدام الأسلوب في حالة عدم تساوي عدد الأوامر مع عدد الآلات وذلك بإضافة متغيرات (آلة أو أمر) وهمية تكاليف (أو عائد) صفر في الجدول الأصلي. وفي هذه الحالة سوف يتطوّر الحل الأمثل على آلة عاطلة أو أمر لا يتم تشغيله.

### التحليل

يلاحظ في هذه الحالة افتراض الورد في لحظة واحدة وأن عدد العمليات الصناعية اللازمة واحد فقط. وحتى يمكن التوصل إلى التتابع المناسب لتلك الأوامر يجب أولاً أن نختار أساساً لعملية الترتيب والتي يطلق عليها قاعدة للأولوية. كذلك فإن المفاضلة بين كافة البدائل المختلفة للترتيب تقضي وجود معيار للمفاضلة بينها. وحتى يمكن أن نرى أثر اختلاف أساس الترتيب ومعيار التقييم على قرار التتابع سوف نستخدم أكثر من أساس وأكثر من معيار.

(1) الترتيب حسب «الأوامر التي يلزمها وقت قصير أولاً»

الترتيب	وقت الإنتاج	وقت الانتهاء	التأخير في التسليم	وقت الانتظار
(ج) مكتبة	10	10		
(ب) صالون	13	23	6	10
(أ) نوم	15	38	18	23
(د) عفش كامل	25	63	31	38
		134	55	71

\* يمثل وقت الانتهاء الوقت الذي يقضيه كل أمر في الورشة Flow time منذ

بداية فترة الجدولة وحتى لحظة أن يكون جاهزاً للتسليم.

وفي هذه الحالة فإن متوسط الوقت المنقضي في الورشة  $33.5 = 4 \div 134$ .

متوسط التأخير  $13.75 = 4 \div 55$  يوم.

وعلى سبيل المثال فإن أمر غرفة النوم سوف يظل بالورشة 38 يوماً قبل أن يكون

متاحاً للتسليم الفعلي.

3- في حالة المواظف الأكثر تعقيداً يمكن استخدام طريقة النقل أو البرمجة الخطية للوصول إلى الحل الأمثل.

4- في حالة عدم إمكانية تخصيص أمر معين على آلة معينة لأسباب فنية مثلاً يتم وضع رقم تكاليف مرتفع جداً في الخلية حتى نضمن عدم التخصيص.

□ أهم الأساليب المستخدمة في تحديد التتابع Sequencing :

تختلف هذه الأساليب من حالة إلى أخرى حسب الفروض التي يتم وضعها عن الخمسة متغيرات السابقة التي أشرنا إليها من قبل. وسوف نتناول في هذا الجزء بعض تلك الحالات نظراً لتغطية هذا الموضوع تفصيلاً في مقرر تخطيط ومراقبة الإنتاج<sup>(1)</sup>.

أولاً: حالة وحدة إنتاج واحدة (آلة) وعدة أوامر  $n/1$  :

مثال (8-2) :

في إحدى ورش صناعة الأثاث (عملية واحدة) تم الاتفاق على الأوامر الأربعة التالية ولدينا معلومات عن وقت الإنتاج وتاريخ التسليم لكل منها على النحو التالي:

أوامر الإنتاج	وقت الإنتاج (يوم)	تاريخ التسليم	الوقت الفائض (محبوب)
(ج) غرفة نوم	15	20	5
(ب) غرفة صالون	13	17	4
(أ) مكتبة	10	18	8
(د) عفش كامل	25	32	7

والمطلوب تحديد التتابع المناسب لتلك الأوامر في الورشة.

(1) راجع كتاب المؤلف: تخطيط ومراقبة الإنتاج، المكتب العربي المرقب، الإسكندرية.

(2) الترتيب حسب «الأوامر العرجة أولاً»

وفيها يتم الترتيب على أساس حساب الوقت الذي مازال يمكن أن نتأخره في بدء كل أمر مع عدم الإخلال بموعد تسليمه. ويعرف ذلك بالوقت الفائض slack والذي يحسب لكل أمر بطرح وقت الإنتاج من موعد التسليم..

الترتيب	وقت الإنتاج (باليوم)	وقت الانتهاء	التأخير في التسليم	وقت الانتظار
(ب) صالون	13	13	-	-
(أ) نوم	15	28	8	13
(د) عفش كامل	25	53	21	28
(ج) مكتبة	10	63	45	53
		157	74	94

وفي هذه الحالة فإن متوسط الوقت في الورشة =  $4 \div 157 = 39.25$  يوم.

متوسط التأخير =  $4 \div 74 = 18.5$  يوم.

(3) الترتيب حسب «الوارد أولاً يصنع أولاً»

بافتراض أن ترتيب البيانات في التمرين يعبر عن أولوية الورد يكون الأثر كالتالي:

الترتيب	وقت الإنتاج (باليوم)	وقت الانتهاء	التأخير في التسليم	وقت الانتظار
(أ) نوم	15	15	صفر	صفر
(ب) صالون	13	28	11	15
(ج) مكتبة	10	38	20	28
(د) عفش كامل	25	63	31	38
		144	62	81

متوسط الوقت في الورشة =  $4 \div 144 = 37$  يوم.

متوسط التأخير =  $4 \div 62 = 15.5$  يوم.

(4) الترتيب حسب «تاريخ التسليم»

الترتيب	وقت الإنتاج (باليوم)	وقت الانتهاء	التأخير في التسليم	وقت الانتظار
(ب) صالون	13	13	-	-
(ج) مكتبة	10	23	5	13
(أ) نوم	15	38	18	23
(د) عفش كامل	25	63	31	38
		137	54	74

متوسط الوقت في الورشة =  $4 \div 137 = 34.25$  يوم.

متوسط التأخير =  $4 \div 54 = 13.5$  يوم.

ويمكن تلخيص نتائج الثلاثة بدائل المختلفة في الجدول التالي:

أساس الترتيب	متوسط الوقت بالورشة (باليوم)	متوسط التأخير (باليوم)	متوسط وقت الانتظار (باليوم)
الأوامر التي يلزمها وقت قصير	33.5	13.75	17.75
الأوامر العرجة أولاً	39.25	18.5	23.5
الوارد أولاً يصنع أولاً	37	16.25	20.25
تاريخ التسليم	34.25	13.5	18.5

يتضح من هذا الجدول، وفي هذه الحالة بالذات، أن قاعدة "الأوامر التي يلزمها وقت أقصر أولاً" تعد الأفضل من حيث متوسط الوقت المستغرق بالورشة ومتوسط وقت الانتظار. أما قاعدة "تاريخ الاستلام" فتعد الأفضل على أساس معيار متوسط التأخير، أما القاعدتان الثانية والثالثة فلا يفضل الاعتماد عليهما في ظل هذه المعايير الثلاثة.

ويجب التنويه هنا إلى أن النتائج التي توصلنا إليها في المثال السابق ليست صحيحة في كل الأحوال. اللهم إلا نتيجة واحدة توصل إليها سميث Smith (1) رياضياً في عام 1956 وهي أن استخدام قاعدة "الأوامر التي يلزمها وقت قصير أولاً" SPT في حالة العملية الواحد Single-stage سوف تؤدي دائماً إلى أفضل الحلول (التتابع) إذا كان الهدف هو تقليل متوسط الوقت بالورشة ومتوسط وقت الانتظار. بمعنى أن اتباع الأساس سوف يترتب عليه تخفيض مدة الاحتفاظ بالمخزون من المواد تحت التشغيل In-Process inventory نظراً لعدم الاحتفاظ بالأمر لمدة طويلة بالوحدة الإنتاجية. وبالخلاصة إذن أنه يجب دائماً اتباع قاعدة SPT طالما كان الهدف هو تقليل الوقت الذي يقضيه كل أمر داخل الوحدة الإنتاجية.

#### ثانياً : حالة عمليتين إنتاجيتين (التين) وعدة أوامر $n/2$ :

وفي هذه الحالة يفترض وجود أكثر من أمر إنتاجي ويلزم كلا منهم عمليتان إنتاجيتان، ودائماً يبدأ كل أمر بالعملية الأولى (الماكينة الأولى) ثم ينتقل إلى العملية الثانية (الماكينة الثانية) بعد إتمامه على الأولى. أي لدينا حالة الوحدة ثابتة التدفق Flow Shop. كذلك يفترض أن الوقت اللازم لكل أمر في كل عملية لا يتوقف على ترتيبه في التتابع المختار.

#### مثال (8-3)،

دعنا نأخذ المثال السابق نفسه الخاص بصناعة الأثاث، ولنفترض أننا نستطيع أن نميز بين مرحلتين أساسيتين مثلاً تقطيع الأخشاب وتجميعها، وعملية الدهان والتشطيب. ويمكن التوصل إلى التقديرات التالية لخمس أوامر:

أوامر الإنتاج	الوقت اللازم للعملية الأولى	الوقت اللازم للعملية الثانية
(أ) غرفة نوم	5	10
(ب) غرفة صالون	8	5
(ج) مكتبة	8	2
(د) عفش كامل	16	9
(هـ) غرفة سفرة	7	10

والملحوظ: تحديد التتابع المناسب لتلك الأوامر في الورشة (على العمليتين).

الحل : في ظل الفروض السابقة يمكن اتباع طريقة جونسون Johnson للوصول إلى التتابع الأمثل إذا كان الهدف هو تقليل متوسط الوقت الذي يقضيه الأمر في الورشة ككل. وخطوات هذه الطريقة سهلة على الرغم من صعوبة الإثبات الرياضي لها .. وهي كما يلي:

- 1- اعمل جدول بالوقت اللازم لكل أمر في كل عملية (أو آلة).
  - 2- اختار أقل أوقات الإنتاج (التشغيل) اللازمة في العمودين وحدد أمر الإنتاج الخاص بها. إذا كان هذا الوقت المختار يقع في عمود العملية (أو الآلة) الأولى، خصص الأمر بقدر الإمكان أولاً. أما إذا كان هذا الوقت يقع في عمود العملية (أو الآلة) الثانية، خصص الأمر بقدر الإمكان في نهاية التتابع.
  - 3- الغ الأمر الذي تم تحديد ترتيبه له.
  - 4- كرر الخطوة (2) إلى أن يتم جميع الترتيب.
  - 5- في حالة التعادل خصص الأمر صاحب الوقت الموجود بالعمود الأول من اليمين والأمر صاحب الوقت الموجود بالعمود الثاني من الشمال.
- بتطبيق تلك الخطوات على المثال الحالي نأخذ الخطوات التالية:
- يتم اختيار الرقم (2) وهو الوقت اللازم للأمر (ج) في العملية الثانية (العمود الثاني) ولذلك يتم وضع ترتيبه مؤخراً.

ويتضح من هذه الخريطة ما يلي:

- الحد الأدنى للوقت لازم make span لإتمام جميع الأوامر حسب هذا الترتيب

هو 44 يوم ويصرف ذلك بزمان الدورة cycle time.

- الوقت الذي يقضيه كل أمر في النظام (العمليات) يمكن قراءته من الخط السفلي

في الخريطة فهو 15 يوماً للأمر (أ)، 25 يوماً للأمر (هـ)، و 37 يوماً للأمر (د) و 42 يوماً للأمر (ب) و 44 يوماً للأمر (ج).

- إجمالي الوقت الذي تقضيه الأوامر في النظام

$$= 15 + 25 + 37 + 42 + 44 = 163 \text{ يوماً.}$$

- متوسط الوقت الذي يقضيه كل أمر في النظام =  $163 \div 5 \text{ أوامر} = 32.6 \text{ يوماً.}$

وذلك سوف يكون دائماً أقل وقت يمكن أن نصل إليه، حيث إن تغيير الترتيب (التتابع) من شأنه دائماً - حسب طريقة جونسون - أن يرفع هذا المتوسط عن 32.6 يوماً.

- خلال كل دورة (من البدء حتى إتمام كل الأوامر) يلاحظ وجود بعض أوقات

العطل في كل من العمليتين أو لعملية واحدة. وفي هذه الحالة يلاحظ أن الوحدة التي تتولى العملية الثانية بها وقت عطل قدره 8 أيام هي 5 أيام في أول الدورة وثلاثة بعد الانتهاء من الأمر (هـ) حيث لا يمكن بدء الأمر (د) في القسم الثاني إلا بعد إتمامه في

القسم الأول. وعلى ذلك يمكن قياس الكفاءة efficiency في القسم الثاني عن طريق:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الوقت المستخدم خلال دورة واحدة}}{\text{الوقت المتاح خلال الدورة الواحدة}} = \frac{\text{الوقت المستخدم}}{\text{زمن الدورة}}$$

$$72.73\% = \frac{32}{44} = \frac{8 - 44}{44}$$

بينما الكفاءة في القسم الأول هي 95.45%.

ويمكن قياس الكفاءة في القسمين معاً على النحو التالي:

$$88.86\% = \frac{78}{88} = \frac{10 - (2 \times 44)}{(2 \times 44)}$$

ج	
---	--

- يستبعد الصف الثالث ثم يتم اختيار الرقم الأقل. في هذه الحالة هو (5) ولكنه واحد بالنسبة للأمر (أ) على العملية الأولى وللأمر (ب) على العملية الثانية. هذه هي حالة التعادل، وفي هذه الحالة يخصص (أ) من اليمين في أول فرصة متاحة ويخصص (ب) من اليسار في أول فرصة متاحة .. ويكون الترتيب حتى الآن كما يلي:

أ	ب	ج
---	---	---

- يتم استبعاد كل من (أ) و (ب) أيضاً ويتبقى في الجدول فقط (د)، (هـ). يتم اختيار الرقم (7) وهو في العمود الأول وبالتالي يجب تخصيص الأمر (هـ) في أول فرصة من على اليمين. ويكون حتى الآن كما يلي:

أ	هـ	ب	ج
---	----	---	---

- بعد استبعاد (هـ) يكون أمامنا فقط أن يتم وضع (د) بين (هـ)، (ب). وهكذا

يكون التتابع النهائي:

وهو أ ← هـ ← د ← ب ← ج

الموضح:

حتى يمكن تقدير متوسط الوقت الذي تقضيه كل طلبية (أو أمر) في العمليتين

معاً Mean flow time يمكن استخدام الخريطة التالية:

44	42	36	28	12	5	
العملية الأولى	ج	ب	د	هـ	أ	
العملية الثانية	ج	ب	د	هـ	أ	
44	42	37	28	25	15	5

صفر

## □ عملية الجدولة عملية دائمة :

قد يبدو للبعض أن عملية الجدولة (التحميل والتتابع) يسهل حلها باستخدام أي من الأساليب السابقة. ولكن في الواقع هناك عديد من المشاكل التي تظهر في الحياة العملية، والتي تجعل عملية الجدولة من أعقد المشاكل التي تواجه مديري التشغيل. فمن المعروف أن أي تتابع يتم التوصل إليه يكون مبنياً على الوقت المتوقع لكل امر (أو طلبية). ولكن الحقيقة هي أن الوقت الفعلي غالباً ما يختلف عن الوقت المتوقع. فبعد تنفيذ (تشغيل) الأمر سوف يكون الوضع الفعلي يختلف تماماً عن الخطة الموضوعة. فبعض هذه الأوامر سوف يصل إلى المراحل التالية وهي ليست جاهزة لبدء تشغيلها مما يجعل هناك صفوف انتظار في تلك الأقسام. أضف إلى ذلك حقيقة وجود عادة أكثر من مركز عمل واحد work center يؤدي العمل نفسه وأمام كل منهم عدد معين من الأوامر لكل منها وقت زائد slack يختلف عن الأخرى. هناك أيضاً احتمال الوصول الدائم لطلبات جديدة من فترة لأخرى ولكل منها تقديرات الوقت وتواريخ التسليم الخاصة بها. وحتى بفرض أنه ليس هناك تعطل للآلات في مراكز الإنتاج أو تأخر وصول المواد الخام اللازمة أو تغييب العاملين. حتى مع كل ذلك تظل العملية صعبة والظروف تتغير من وقت لآخر. فعدد الأوامر يتغير والأوقات اللازمة تتغير والوضع العالي للتشغيل على الآلات يتغير مما يستلزم إعادة الجدولة. ويتم ذلك في شكل التسهيل expediting (الإنجاز السريع) لبعض الأوامر المتأخرة أو العرجة، وتأجيل تشغيل deexpediting للأوامر التي يصعب تشغيلها لأي من الأساليب السابقة.

يتضح من هذا أن عملية الجدولة وإعادة الجدولة عملية دائمة تتم بناء على الظروف الحالية current situations والتي عادة ما تختلف من فترة لأخرى. وهنا تظهر الحاجة إلى نظام سريع ودقيق للمعلومات information system يسهل من خلاله معرفة الوضع الحالي في جميع الأقسام والعمليات وبالنسبة لجميع الأوامر، حتى تتم إعادة الجدولة بشكل مستمر ودائم.

## الفصل التاسع

### الرقابة على الجودة

### Quality Control

#### • التطور التاريخي.

#### • المقصود بجودة المنتج.

#### • أهمية جودة السلع والخدمات.

#### • المقصود بالرقابة على الجودة.

#### • الرقابة على الجودة إحصائياً.

- أولاً: عينات القبول Acceptance Sampli.

- ثانياً: الرقابة على العملية Process Control.

## الفصل التاسع

### الرقابة على الجودة

### Quality Control

#### □ التطور التاريخي :

إن ضمان تقديم السلعة أو الخدمة إلى المستهلك بمستوى الجودة اللازم، وهو ما اصطلح على تسميته حديثاً Quality Assurance كان ولا زال جزءاً أساسياً من النظام الإنتاجي في كل المراحل التاريخية. فقد أوضح Dague أن عملية بناء ودهان الحوائط في المعابد المصرية القديمة (1450 سنة قبل الميلاد) كانت تتضمن عملية فحص ورقابة على الأنشطة بهدف التأكد من مستوى الجودة الذي يتم به الأداء. كما أن العصور الوسطى في أوروبا شهدت قيام صاحب الورشة ذاته بالرقابة على جودة أداء العاملين لديه بنفسه. وما زالت هذه هي صورة الرقابة على جودة الأداء في الورش الصغيرة لكثير من الصناعات اليدوية والحرفية في مصر وفي كثير من دول العالم.

وقد كان لظهور المصنع الكبير أبان فترة الثورة الصناعية أثر واضح في ضرورة الحاجة إلى ممارسات جديدة لإدارة المصانع بصفة عامة ولوظيفة الرقابة على الجودة بشكل خاص. فعندما قدم Eli Whitney فكرة الأجزاء الممكن استبدالها في المنتج بعد استخدامه لفترة، وكان ذلك في صناعة الأسلحة، كان هناك حاجة ملحة إلى إنتاج تلك الأجزاء بشكل نمطي يضمن التطابق التام بين المواصفات المحددة للمنتج والصورة التي يخرج عليها من عملية الإنتاج ولذلك اهتم Eli Whitney بكيفية التأكد من تلك المطابقة من خلال وظيفة الرقابة على الجودة.

كذلك فقد كان لكتابات الإدارة العلمية، وأهمية التخصص وتقسيم العمل، أثر واضح في ضرورة الفصل بين كل من وظيفة الإنتاج ووظيفة الرقابة على الإنتاج مما أدى إلى ظهور قسم مستقل يتولى الرقابة على الجودة في الشركات الصناعية. وتعتبر مجموعة شركة التليفونات الأمريكية The Bell Telephone System هي المجموعة



الرائدة والتي بنيت استخدام أساليب متميزة للرقابة على الجودة (Fagan). فقد تم - ولأول مرة - إنشاء قسم للفحص في الشركة التابعة للمجموعة والمعروفة باسم Western Electric في بداية القرن العشرين حتى يكون في خدمة كل شركات مجموعة شركة التليفونات. وقد تم حينئذ استخدام نظام ضمان الجودة Quality Assurance لكل من عمليات تصميم المنتجات، تصنيع المنتجات، وتركيب المنتجات.

وفي خلال العشرينات من هذا القرن، تم تحويل العاملين في قسم الفحص بشركة Western Electric إلى مختبر الرقابة على الجودة والذي أعد خصيصاً بشكل مركزي ليعمل كل شركات المجموعة وأطلق عليه Bell Telephone Laboratories. وكانت المهمة الأساسية لتلك المجموعة في المختبر المركزي هي تقديم نظريات وطرق جديدة لعملية الفحص بشكل يضمن تحسين الجودة والحفاظ عليها. وتعتبر هذه المجموعة هي مجموعة الرواد الأوائل في مجال الرقابة على الجودة في العصر الحديث. فمنهم ظهر Shewart George Edwards, Harold Doge, Walter جميعاً ابتكار اصطلاح ضمان الجودة Quality Assurance. ومن أهم مساهمات تلك المجموعة الرائدة: خرائط الرقابة على الجودة التي قدمها Shewart، وأساليب سحب العينات اللازمة للفحص التي ابتكرها Doge. هذا بالإضافة إلى تقديمهم لفكرة التحليل الاقتصادي اللازم لاتخاذ القرارات العديدة في مجال الجودة.

وقد قام الجيش الأمريكي خلال الحرب العالمية الثانية باستخدام لأول مرة إجراءات اختيار العينات الإحصائية ووضع جدولاً دقيقاً للمواصفات النمطية لكل الإمدادات التي يستخدمها الجيش. ومن هنا ناعت شهرة أساليب الرقابة الإحصائية على الجودة، وتم اختيارها من قبل العديد من الشركات الصناعية. وما زالت جداول العينات المعروفة MIL-STD، والخاصة بالمواصفات العسكرية للأصناف شائعة الاستخدام حتى الآن. ويمكن القول أن عام 1944 قد شهد بداية النشر في مجال الرقابة على الجودة في الصناعة Industrial Quality Control، وظهرت بعد ذلك بفترة وجيزة العديد من الهيئات العملية المتخصصة في هذا المجال وأهمها الجمعية الأمريكية للرقابة على الجودة American Society For Quality Control. وقد شهدت

الخمسينات من هذا القرن تقديم فكرة استخدام الأساليب الإحصائية في الرقابة على الجودة للصناعة اليابانية. وقد كان ذلك على يد الأمريكيين Joseph Juran and W. Edwards Deming. (سوف نعود لمساهمات هؤلاء الرواد في جزء لاحق). وقد كان النجاح الكبير لاستخدام هذه الأساليب خلال فترة إعادة البناء في اليابان وراء التفوق الملحوظ لليابان في مجال جودة المنتجات بشكل خاص.

ويمكن القول أن عام 1970 قد شهد تحولاً في مجال الجودة من مجرد التركيز فقط على الأساليب الإحصائية في الرقابة على الجودة والنواحي الفنية المرتبطة بذلك، تحولاً إلى اعتبار الجودة فلسفة إدارية ترتبط بجوانب عديدة في المشروع. ولقد كان لليابانيين سبق في وضع تلك الفلسفة موضع التنفيذ. وقد كان من نتيجة ذلك التفوق الواضح للصناعة اليابانية في العشر سنوات الماضية، سواء كان ذلك في مستوى الإنتاجية المحققة Productivity أم مستوى جودة Quality المنتجات التي يتم تقديمها وبشكل خاص في مجال صناعة السيارات والإلكترونيات. فقد أوضحت بعض الدراسات خلال عام 1987 التفوق الواضح لجودة السيارات اليابانية على مثيلاتها الأمريكية والألمانية. وقد تركزت تلك الدراسة على قياس عدد المرات التي تحتاج فيها مائة سيارة للنهاب مرة أخرى إلى الوكيل للتصحيح خلال فترة الاستخدام الأولى وهي بين 60، 90 يوم من تاريخ شراء السيارة. وقد بلغ هذا المقياس بين 162 و180 مرة للسيارات الأمريكية بينما كان 152 للسيارات الألمانية. ولكنه لم يتعد 129 مرة للسيارات الألمانية.

كذلك فقد أوضحت دراسة سابقة لشركة Hertz لتأجير السيارات في الولايات المتحدة الأمريكية تفوق سيارات تويوتا Toyota التي تستخدمها الشركة على باقي أنواع السيارات الأخرى المستخدمة من حيث مستوى الجودة فقد قامت الشركة من واقع سجلاتها بحصر عدد المرات التي تم فيها إعادة السيارة إلى الوكيل بقصد الإصلاح خلال فترة الضمان (12,000 ميل أو شهر أيهما أقرب). وكانت نتيجة الدراسة حسب الجدول التالي:

وجدير بالذكر هنا أن نشير إلى أن الولايات المتحدة الأمريكية ما زالت تتفوق من حيث الجودة في مجالات الصناعات التكنولوجية المتقدمة مثل الليزر ومعدات القياس الدقيق وأجهزة الكمبيوتر وعديد من السلع الصناعية، إلا أن اليابان تتفوق على كافة الدول الصناعية في جودة عديد من السلع الاستهلاكية. كذلك فإن السنوات الأخيرة قد شهدت العديد من المؤتمرات والحملات التي تهدف إلى الاهتمام بالجودة في كل الشركات الصناعية سواء في الولايات المتحدة الأمريكية أم في أوروبا. فهناك جهد كبير من جانب شركات Chrysler و Ford و General Motors لإنتاج سيارة ملائمة وذات جودة متميزة.

وعلى الصعيد القومي والأكاديمي أصبحت دراسات نظم الجودة تحظى بالاهتمام الكامل سواء من الحكومات أو الممارسين والدارسين. ومن أبرز هذه الأنشطة، المؤتمر الخاص بالجودة والذي عقد بمبادرة من البيت الأبيض خلال عام 1983 والذي قدم ما يزيد على 66 توصية للنهوض بكل من الجودة والإنتاجية في الشركات الصناعية الأمريكية (راجع الجدول التالي الذي يتضمن أهم تلك التوصيات). كذلك فقد تم إنشاء الجمعية الأمريكية للرقابة على الجودة The American Society for Quality Control (ASQC) في عام 1984، وذلك بالإضافة إلى المركز الأمريكي لشئون الجودة والإنتاجية American Productivity and Quality Center، والذي تم إنشاؤه في مدينة هيوستون. وقد أصبح من الشائع أن يكون هناك المؤتمر الدولي لبحوث الإنتاجية والجودة International Conference on Productivity & Quality Research. والذي يعقد سنوياً تحت رعاية تلك الهيئات وبالشراكة مع مراكز دراسات الجودة والإنتاجية بالجامعات الأمريكية.

وقد وصل الأمر إلى تخصيص شهر أكتوبر من كل عام ليكون شهراً للجودة يتم خلاله القيام بحملة واسعة النطاق لتحسين أداء الشركات ودراسة التجارب الناجحة بها. وقد أخذت كندا بهذا التقليد، واعتبر أكتوبر شهراً للجودة في كلا الدولتين.

الوقيل	عدد مرات الإصلاح لكل 100 سيارة
فورد	326 مرة
شيفورليه	425 مرة
بنكو	306 مرة
تويوتا	--

وتوضح هذه النتائج أن كل مائة سيارة تويوتا تحتاج إلى 55 مرة إصلاح خلال الـ 12,000 ميل (أو 12 شهراً)، بمتوسط قدره 0,55 مرة للسيارة الواحدة، يعني ذلك ببساطة أن هناك بعض السيارات من هذا النوع التي لا تحتاج على الإطلاق إلى الإصلاح خلال تلك الفترة، ومن الناحية الأخرى نجد أن كل مائة سيارة من ماركة شيفورليه تحتاج إلى 425 مرة إصلاح، بمتوسط قدره 4,55 مرة للسيارة الواحدة.

أما عن مستوى الجودة بالنسبة للصناعات الالكترونية، فمن الواضح التميز المستمر في إنتاج التليفزيونات والفيلدوهات، وكافة الوسائل السمعية والبصرية. ففي دراسة مقارنة عن أداء أحد مصانع إنتاج التليفزيونات في الولايات المتحدة الأمريكية قبل وبعد قيام إحدى الشركات اليابانية بشرائه، اتضح أن عدد الأجهزة التي يتم إعادة إصلاحها أثناء عملية الإنتاج ذاتها Assembly Repairs قد انخفضت من 130% من الإنتاج في ظل الإدارة الأمريكية إلى 6% من الإنتاج فقط في ظل الإدارة اليابانية. أضف إلى ذلك أن الدراسة أوضحت أن تكاليف الإصلاح الفعلي للأجهزة بعد بيعها قد انخفضت ستهوا من 16 بليون دولار إلى 2 بليون دولار في ظل الإدارة الجديدة وذلك على الرغم من أن الإنتاج اليومي قد تضاعف من 100 جهاز إلى 2000 جهاز في اليوم.

### أولاً: جودة التصميم:

وهي بعض الخصائص العينة الملموسة وغير الملموسة في تصميم المنتج أو الخدمة. وقد تأخذ الجودة المرتفعة في التصميم High Design Quality شكل استخدام مادة خام أفضل. ومثال ذلك استخدام الجلد الطبيعي بدلاً من الجلد الصناعي في إنتاج الأحذية، والاعتماد على الأخشاب الطبيعية بدلاً من الخشب الحبيبي في صناعة الأثاث. ومثال ذلك أيضاً في قطاع الخدمات تقديم بدائل للوجبات المقدمة على خطوط شركات الطيران. كذلك فإن تلك الجودة المتميزة قد تعني الاعتماد على طريقة إنتاج أفضل لتحقيق دقة أكبر ومظهر أفضل للسلعة. وغالباً ما يظهر ذلك بالنسبة للسلع في شكل مواصفات هندسية أكثر دقة.

### ثانياً: جودة الأداء:

وهي التي ترتبط بشكل مباشر بقدرة السلعة على القيام بالوظيفة المتوقعة منها وهو ما اصطلح على تسميته بلرعة الاعتمادية Reliability أو الجدارة، كذلك درجة سهولة عملية الصيانة Maintainability والإصلاح للسلعة عند الحاجة إلى ذلك. ويقصد بالاعتمادية (كما ستوضح فيما بعد) قدرة السلعة على الأداء المرضي تحت ظروف التشغيل العادية ولمدة معينة. ومن الملاحظ أن جودة الأداء عادة ما تكون محكومة بجودة التصميم التي يتم تحديدها. فلا يمكن من الناحية العملية أن تكون جودة الأداء أفضل من مستوى جودة التصميم. ولكن العكس في بعض الأحيان هو الصحيح. ويمكن محاولة رفع مستوى جودة الأداء عن طريق بعض السياسات مثل سياسة ضمان السلعة فيما يتعلق بالأجزاء أو المصنعية خلال فترة زمنية معينة، وتقديم إرشادات عن طريقة الاستعمال.

### ثالثاً: جودة الإنتاج:

على الرغم من أن كلا من جودة التصميم والأداء تعتبر هلاًفاً تسعى المنشأة إلى تحقيقه أثناء العملية الإنتاجية، إلا أنه قد يصيب من الناحية العملية تحقيق كل منهما بشكل كامل. فهناك ذلك البعد الآخر من الجودة الناتج عن ظروف الإنتاج

### أهم التوصيات الخاصة ببلدوة البيت الأبيض للجودة والإنتاجية

والمنعقدة في واشنطن، 1983.

- (1) يجب اعتبار جودة المنتج أو الخدمة هدفاً رئيسياً للخدمة. ومن ثم فإنه يجب عمل تكامل بين وظيفة الجودة وبهاهي أجزاء المنظمة بدلاً من اعتبارها نظاماً فرعياً مستقلاً يختص فقط بعمليات الفحص.
- (2) يجب أن يكون المبدأ الأساسي هو "قم بإنتاج سلعة جيدة منذ البداية Doing it right the first time بدلاً من بذل جهد في البحث عن العيوب والعمل على إصلاحها بعد ذلك".
- (3) تأكد من أن الجميع (بما فيهم المديرون) يعلمون أن معايير تقييم الأداء لا تأخذ في الحسبان فقط كم الإنتاج ولكن أيضاً نوعية الإنتاج الذي يتم تحقيقه.
- (4) قم بقياس درجة التحسن في الجودة على كل المستويات التنظيمية، وضع نظام للموافقة يتمشى مع هذا الهدف.
- (5) ضع مجموعة من الاستراتيجيات التي سوف تحكم السياسات والإجراءات الخاصة بتحسين الجودة.
- (6) اعمل جنباً إلى جنب مع المؤسسات التعليمية المختلفة التي تقوم بإعداد مديري القيد بشكل يجعلهم على دراية بأهمية كل من الجودة والإنتاجية وكيف يمكن تحسينها.

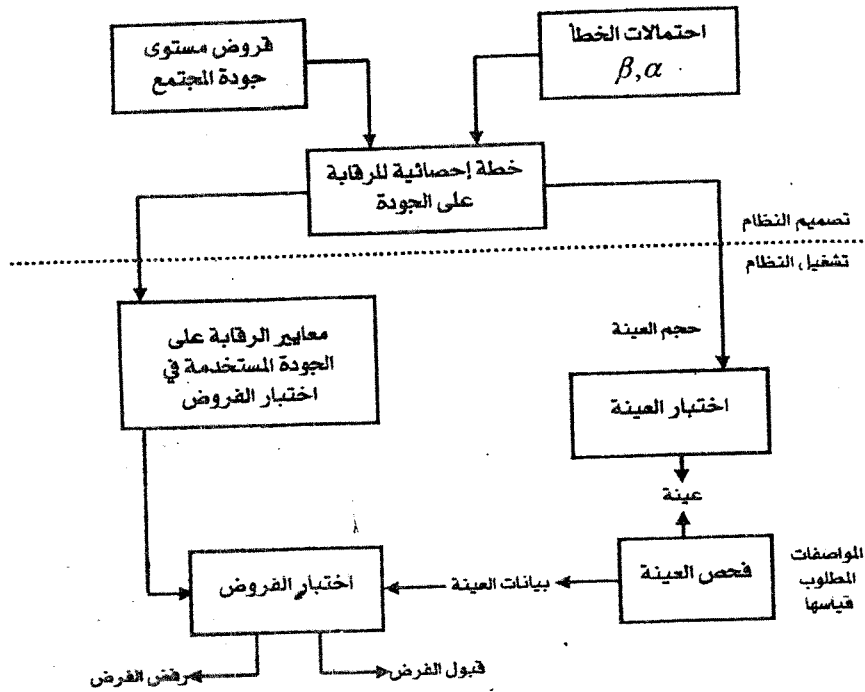
### □ المقصود بجودة المنتج:

يتوقف معنى الجودة على طريقة النظر إليها ويمكن التمييز بين ثلاث جهات نظر مختلفة فيما يتعلق بالمعنى المستخدم، وهي الجودة كما يتم تحديدها في تصميم المنتج وهو ما اصطلح على تسميته بجودة التصميم Design Quality، والجودة التي تتحقق خلال العملية الإنتاجية ذاتها، وهي ما اصطلح على تسميته بجودة الإنتاج Production Quality، وأخيراً الجودة كما تظهر عند الاستعمال الفعلي للمنتج بواسطة المستهلك وهي ما تسمى بجودة الأداء Performance Quality. وسوف نتناول كل منهم بالإيضاح.

العملية والذي يعرف بجودة الإنتاج أو جودة المطابقة Conformance Quality للمواصفات. ويتوقف ذلك الأخير على أي حد تم اختيار التصميم بحيث يتلاءم مع القدرات التكنولوجية المتاحة في العملية الإنتاجية لدى المنشأة. فالتطابق الجيد بين قدرات العملية الإنتاجية ومجموعة المواصفات الموضوع للمنتج قد يؤدي إلى جودة مطابقة ممتازة على الرغم من أن المواصفات الموضوعة للمنتج أو الخدمة تكون أصلاً في مستوى "متوسط".

فلى سبيل المثال، إذا كان من الممكن لإحدى الآلات أن يكون  $99,7\%$  من إنتاجها من الاسطوانات المعدنية يقع في المدى  $0,006 \pm 0,256$  بوصة كقطر للأسطوانة، وتم وضع مواصفات الاسطوانة على أساس مدى  $0,012 \pm 0,256$ ، فيعني ذلك أن هناك إسرافاً في درجة التطابق Over matched مع المواصفات مما يؤدي إلى تكاليف أعلى للوحدة نظراً لأن كفاءة الآلة أفضل من مستوى التصميم الموضوع. فيمكن استخدام آلة أقل كفاءة وتحقيق المواصفات الموضوعة نفسها. ومن ناحية أخرى إذا كانت مواصفات الاسطوانة هي  $0,0015 \pm 0,256$  بوصة فإن العملية الإنتاجية يكون بها عدم تحقيق للدرجة التطابق Under matched لأن نسبة كبيرة من الإنتاج سوف تكون خارج المدى المسموح به نظراً لأن كفاءة الآلة أقل من مستوى التصميم الموضوع، وسوف يترتب على ذلك ارتفاع التكلفة بسبب الإنتاج المعيب.

وتحاول وظيفة إدارة الجودة في المنشآت تحقيق نوعاً من التوازن والتكامل بين قرارات عديدة في مجالات التسويق، والإنتاج، والتمويل بهدف تحقيق الأهداف العامة للتنظيم ككل. فتحديد كل من جودة التصميم وجودة الأداء يتضمن توازناً بين ما يريده المستهلك كما يعلمه قسم التسويق، وما يمكن أن يقدمه المشروع كما يوضح ذلك رجال الإنتاج. ولذلك فإن مثل هذا القرار عادة ما يعتمد على قرارات الإدارة العليا لما له من تأثير على سمعة المنشأة Company's Image وقدرتها التنافسية Competition Ability. ويوضح الشكل التالي علاقة المفاهيم الثلاث الأساسية للجودة بالإدارات الرئيسية في المنشأة.



### □ أهمية جودة السلع والخدمات:

#### أولاً: بالنسبة للمستهلك:

يعد مستوى جودة المنتجات من السلع والخدمات من الأمور المهمة بالنسبة للمستهلك. فكثيراً ما نلاحظ إجحام المستهلك في السوق المصرية عن شراء بعض السلع المنتجة محلياً وتفضيل السلع الأجنبية عليها. وذلك على الرغم من الارتفاع النسبي لثمن السلع الأجنبية. ويرجع ذلك في معظم الأحيان إلى الاختلاف الواضح في مستوى الجودة بين هذين النوعين من السلع. وهناك أمثلة عديدة على ذلك ابتداءً من الملابس وأدوات الزينة إلى السلع المعمرة مثل الثلاجات والسيارات. فلمدة طويلة كان من الشائع

أن نسمع عن الإعجاب الشديد بمستوى النسيج المصري وفي الوقت ذاته نرى مستوى التشطيب Finishing السيئ للملابس الجاهزة المنتجة محلياً. فقد كان المستهلك يفاجأ بإحدى القمصان الجاهزة الذي تتساقط أزراره عند ارتدائه للمرة الأولى، أو بالبنتالون الذي تفسد "سوستته" وتتوقف عن العمل، وخاصة في أدات الحاجة الماسة إليها. وإن الأمثلة عديدة، فإذا نظرت إلى الحذاء الذي ينفصل الجزء العلوي منه عن جزئه السفلي فور زهاب الطفل به إلى المدرسة للمرة الأولى لعرفت حاجة الصناعة بشكل عام إلى نظم دقيقة لضبط الجودة.

أما على الصعيد العالمي فقد شهدت السبعينيات حرباً بين كل من الولايات المتحدة الأمريكية واليابان فيما يتعلق بمستوى جودة المنتجات. وقد حسمت تلك الحرب كما أشرنا من قبل، لصالح اليابان التي اعتبرت مسألة جودة المنتجات استراتيجية قومية واقتصادية لا تحيد عنها كافة المنشآت اليابانية. وقد كان من نتيجة ذلك تفضيل المستهلك الأمريكي لعديد من السلع اليابانية، وبشكل خاص السيارات والالكترونيات على مياها المنتجة محلياً.

بتأمل تلك الأمثلة السابقة، نرى أن السبب الأساسي لعدم رضا المستهلك هو فشل السلعة التي يقوم بشرائها - أو الخدمة التي يحصل عليها - في القيام بالوظيفة التي يتوقعها المستهلك منها وفي أغلب الأحيان يترتب على ذلك تكلفة إضافية يتحملها المستهلك سواء كانت هذه متمثلة في ضياع الوقت اللازم لاستبدال السلعة أم إصلاحها أم في الخسارة الكاملة للمبالغ التي دفعها المستهلك ثمناً لتلك السلعة. وفي أحيان أخرى يكون الثمن الذي يدفعه المستهلك ثمناً باهظاً، فمجرد التفكير في تكلفة الجودة المنخفضة لفرامل السيارات أو الأعمدة الخرسانية التي تقوم عليها العمارات يوضح مدى خطورة الإهمال في مستوى جودة هذه الأشياء. فمن سوء الحظ أن مثل هذه الأخطاء لا يمكن اكتشافها إلا عند استخدام السلعة.

وقد أدت هذه الأخطار التي يتعرض لها المستهلك نتيجة لانخفاض الجودة، أو عدم جودة المواصفات الموضوعة، إلى ظهور جماعات الضغط عن المستهلك Consumer Protection Agencies وحملته، وإرشاده إلى أفضل السلع الأكثر جودة وأماناً.

وقد ظهر ذلك واضحاً بزعامة Ralph Nader وعديد من جماعات حماية المستهلك في مطلع السبعينات. كما أن هناك عديد من الجهات الحكومية التي تتولى التأكد من تطابق المنتج للمواصفات الموضوعة إما عن طريقها مثل هيئة التوحيد القياس التابعة لوزارة الصناعة في جمهورية مصر العربية أو عن طريق جهات متخصصة مثل (UL) United Lab في الولايات المتحدة الأمريكية وكومببيل في جمهورية مصر العربية. بل ذهب الحكومات في بعض الدول إلى وضع حداً أدنى للمواصفات الخاصة بالسلع وخاصة المواصفات التي تحكم سلامة وأمن استخدام هذه السلع. ومثال ذلك قيام السوق الأوروبية المشتركة بوضع مواصفات مطوية للسلع (ISO 9000) كشرط أساسي لإمكانية البيع بها.

### ثانياً: بالنسبة للمنتج:

أوضحنا حتى الآن أهمية الرقابة على الجودة بالنسبة للمستهلك.... والسؤال الآن ما هي أهمية الرقابة على الجودة بالنسبة للمنتج؟ الإجابة تكمن في عدة أسباب أهمها:

1- يعتبر عنصر الجودة أحد عناصر المزيج التسويقي المهمة التي تؤثر على رقم مبيعات المشروع. فبالإضافة إلى السعر والحملات الإعلانية والعبوة والغلاف، هناك قدرة السلعة على أداء وتحقيق الهدف من اقتنائها. وتتوقف هذه القدرة على مستوى جودة المادة الخام الداخلية فيها ومستوى التكنولوجيا والإدارة المستخدمة في تصنيعها بالإضافة إلى نظام الرقابة على الجودة. ومن الطبيعي والمنطقي أن يختار المستهلك السلعة ذات الجودة الأفضل. وخلاصة ذلك أن هناك علاقة طردية بين مستوى الجودة ورقم المبيعات المحققة. فبالإضافة إلى توقع تكرار عملية الشراء عند رضا المستهلك عن السلعة، من المتوقع أيضاً قيام المستهلك بإقناع الآخرين بشرائها. فأفضل طريقة للإعلان عن سلعة ما هو تحسين جودتها.

2- تظهر أهمية الجودة في حالة وجود المنافسة بين أكثر من منتج، سواء كان ذلك منتجاً منافساً في السوق المحلية أم منتجاً خارجياً يقوم بتوزيع سلعته في السوق المحلية. وقد أصبح لك واضحاً في مصر بعد الأخذ بسياسة الانفتاح

الاقتصادي والتي يترتب عليها وجود سلع أجنبية منافسة في السوق. فبعض هذه السلع مستوردة من الخارج أو منتجة في الداخل بتوكيل من شركات عالمية. وفي كلتا الحالتين يمثل ذلك ضغطاً كبيراً على الشركات المحلية بضرورة العناية بالجودة وتحسين مستواها حتى لا يفقد حصتها التقليدية في السوق المحلية - ونظرة سريعة الآن إلى منتجات الأدوات الصحية والأدوات الكهربائية المحلية والأجنبية المعروضة في السوق توضح ذلك.

3- يترتب على عدم مطابقة المنتج للمواصفات، أو وجود وحدات معينة، أن تتحمل المنشأة تكلفة إضافية، ويؤدي ذلك إلى تقليل الأرباح، بل وربما إلى تحقيق خسائر كبيرة يصعب معها استمرار المشروع. وهذه التكلفة على نوعين هما تكلفة ظهور وحدات معيبة داخل المصنع وتكلفة ظهور وحدات معيبة خارج المصنع. وسوف نتناول كلا منها بالإيضاح:

#### (أ) تكلفة ظهور وحدات معيبة داخل المصنع:

وهي التكاليف المرتبطة بظهور إنتاج معيب داخل الوحدة الإنتاجية وقبل تداول السلعة في السوق وأهم هذه التكاليف:

- خسارة قيمة المادة الخام، والعمالة، والتكاليف الأخرى غير المباشرة الداخلة في الوحدات المعيبة. وذلك عندما يتم إعدام هذه الوحدات أو التخلص منها بسعر أقل ومثال ذلك عادم إنتاج السجائر والورق والسلع الغذائية.

- تكلفة إعادة التشغيل الكاملة للوحدة. ففي حالات كثيرة، كما في الصناعات المعدنية وصناعة الزجاج والصابون والأثاث، حيث يتم إعادة تشغيل الوحدات غير المطابقة للمواصفات. ويترتب على ذلك ارتفاع تكلفة العملية الصناعية بما فيها من عمالة ومواد وتكلفة أخرى غير مباشرة.

- تكلفة الإصلاح، إذا كان العيب الذي تم اكتشافه في أحد الأجزاء غير الأساسية والتي يمكن إصلاحها، فإن المنشأة تتولى القيام بذلك قبل السماح ببيع السلعة للمستهلك. ويهدد ذلك أمراً شائعاً في صناعة السيارات. فعلى سبيل المثال يتم خلال مراحل الإنتاج اختبار قدرة جسم السيارة

على تحمل الأمطار الفزيرة دون السماح بدخول مياه إلى السيارة Leaking. وفي حالة وجود ثقب يتم معرفة حجمه ومكانه والقيام بإصلاحه. أما إذا كان الخطأ في أحد الأجزاء الأساسية وكان خطأ جوهرياً فقد تضطر المنشأة إلى استبدال هذا الجزء تماماً. فمن غير المعقول أن تسمح شركة لإنتاج السيارات بأن يتم لحام إطار السيارة الجديدة عند اكتشاف ثقب به قبل تسليم السيارة. ولكن يتم في هذه الحالة استبدال الإطار بإطار آخر. وكذلك الأمر بالنسبة للموتور والفرامل.

- تكلفة توقف الإنتاج حتى يتم القيام بعملية الفحص لمعرفة نوع العيب وسببه. فمن الضروري أساساً أن تتم عملية الإنتاج بشكل مستمر ومنظم، وأن الوقت غير المنتج يترتب عليها ارتفاع في متوسط تكلفة الوحدة المنتجة. ومن ثم فإن العناية بالجودة في كل مراحل العملية الإنتاجية (وليست المرحلة الأخيرة فقط) يترتب عليه تقليل تكلفة تعطل الإنتاج بسبب عيوب الجودة. وترتفع هذه التكلفة بصفة خاصة عندما تتبع العملية الإنتاجية أسلوب خط الإنتاج المستمر Assembly Line والذي يشجع استخدامه في صناعة السيارات وصناعة الأدوات المنزلية (الثلاجة، الفسالة، .... الخ) ومعظم السلع النمطية. ويرجع ذلك إلى أن التوقف في مرحلة معينة يترتب عليه التوقف الكامل لكل مراحل الإنتاج على خط الإنتاج.

#### (ب) تكلفة ظهور وحدات معيبة خارج المصنع:

وهي التكاليف المرتبطة بظهور منتج معيب في السوق، واكتشاف ذلك أثناء استخدام السلعة وتشغيلها. فإذا وجد المستهلك أن السلعة لا تقوم بأداء الوظيفة المتوقعة منها فإنه يحق له التمييز. خصوصاً عندما يترتب على ذلك بعض الأضرار للمستهلك. ويظهر ذلك بشكل أساسي في الدول المتقدمة التي يوجد بها جمعيات لحماية المستهلك يمكن اللجوء إليها عند اللزوم. بل أحياناً تتدف الحكومات إلى جانب المستهلك في حالة وجود ضرر عام بسبب انخفاض جودة أحد المنتجات. فعندما قدمت شركة جنرال موتورز الأمريكية سيارتها الجديدة Model x Car في عام 1980، اتضح أن هناك

## أساسيات الرقابة على الجودة

### □ المقصود بالرقابة على الجودة (QC) Quality Control :

هي مجموعة من الخطوات المحددة مسبقاً والتي تهدف إلى التأكد من أن الإنتاج المحقق يتطابق مع المواصفات والخصائص الأساسية الموضوعية للمنتج. ويتضح من هذا التعريف عدة حقائق أهمها:

1- يجب أن يكون هناك خطوات محددة مسبقاً. فهي إجراءات تم تخطيطها مسبقاً ويجب اتباعها بشكل مستمر مع الوحدات التي يتم التأكد من جودتها. فاختلاف إجراءات الفحص من وحدة إلى أخرى قد يؤدي إلى نتائج متغيرة في الحكم على جودة الإنتاج. وعادة ما يكون هذه الإجراءات هي:

(أ) اختبار Testing للوحدات التي يراد التأكد من جودتها.

(ب) فحص Inspection للنظام الإنتاجي لتحديد أسباب عدم المطابقة.

(ج) تصحيح Correcting أو منع Preventing للأخطاء.

وذلك بغرض الحفاظ على مستوى الجودة المطلوب والمحدد مقدماً.

2- إن وظيفة الرقابة على الجودة هي التأكد من المطابقة للمواصفات وليس إنتاج مستوى جودة مرتفع. فبمجرد كانت الجودة المرغوبة مرتفعة أم منخفضة. فالوظيفة الأساسية هي التأكد من المطابقة للمواصفات الفنية الموضوعية. فقرار اختيار مستوى الجودة الملائم هو أحد مكونات النظام الكامل لإدارة الجودة (QA) Quality Assurance ولكنه ليس جزءاً من عملية الرقابة على الجودة.

3- تستلزم وظيفة الرقابة على الجودة وجود مواصفات Specifications محددة للتعبير عن مستوى الجودة حيث يعد ذلك فرضاً ضمنيّاً في كل نظم الرقابة على الجودة. ويقصد بالمواصفات مجموعة من الخصائص الأساسية للمنتج التي يمكن قياسها للمنتج ككل أو لبعض الأجزاء كل على حدة.

عيباً في التصميم الخاص بمجموعة عجلة القيادة. وقد طالب الكونجرس الأمريكي بسحب جميع تلك السيارات من السوق. ولكن الشركة أثبتت أنه يمكن فنياً إصلاح العيب. وقد تم ذلك مجاناً مع دفع تعويض لكل مشتري عن الفترة التي استخدم فيها السيارة وبها هذا الخطأ قبل الإصلاح.

بالإضافة إلى التعويض، هناك أيضاً تكلفة الصيانة التي تلتزم بها المنشأة لفترة محدودة خصوصاً بالنسبة للسلع المعمرة. والأساس في ذلك أن بعض عيوب مثل هذا النوع من السلع لا تظهر إلا عند الاستخدام لفترة طويلة، فمن الشائع أن تقدم شركات السيارات ضمان للسيارة لفترة 12 شهراً أو 12 ألف ميل (حوالي 20,000 كيلومتر) أيهما أقرب. ومن الواضح أن العناية بمستوى جودة السيارة أصلاً سوف يترتب عليه انخفاض عدد المرات التي يرجع فيها المستهلك إلى محطات الخدمة والإصلاح، وبالتالي سوف تقل تكلفة الإصلاح، وجدير بالذكر هنا أن هذه التكلفة لا تتضمن فقط تكلفة العمل وقطع الغيار اللازمة في محطات الخدمة، ولكن تمتد أيضاً لتشمل تكلفة إعطاء سيارة للمستهلك يستخدمها خلال فترة الإصلاح.

وهناك شركات أخرى تضمن للمستهلك حق استبدال السلعة أو حتى استرداد ثمنها في حالة عدم رضائه عن مستوى جودتها. ويترتب على ذلك تكلفة ما يسمى بمرتدودات المبيعات والتي تحاول المنشآت تقليلها إلى أقل حد ممكن.

أضف إلى ذلك نوع آخر من التكلفة ينعكس أثره على انخفاض رقم المبيعات، وهو تكلفة الإساءة إلى سمعة المنشأة في السوق المنافسة. وقد يكون هذا النوع الأخير من التكاليف هو أخطرهما حيث أنه قد يؤدي بحياة المشروع في أحيان كثيرة.

ومثال ذلك درجة الصلابة، الوزن، السمك... الخ. وعلى الرغم من أن ذلك يبدو سهلاً إلا أنه قد يصعب أحياناً وضع مواصفات موضوعية وخصوصاً بالنسبة لأعمال الخدمات. فعلى سبيل المثال هناك صعوبة في قياس جودة أداء الطبيب المعالج، عضو مجلس الشعب ولكن ما زالت هناك أهمية لوجود وسيلة لقياس هذه الخصائص بدرجة مقبولة من الدقة.

4. على الرغم من وجود نظاماً للرقابة على الجودة. إلا أنه ليس هناك تأكيد تام من أنه سوف لا تصل إلى يد المستهلك أية وحدة معينة، فنادراً هناك احتمال للخطأ في عملية القياس أو في عملية الحكم على المجتمع بسبب الاعتماد على العينات (كما سوف نرى تفصيلاً فيما بعد). ويكون الهدف من نظام الرقابة على الجودة هو تخفيض هذا الخطأ إلى أقل حد ممكن.

5. إن الرقابة على الجودة لا تهتم فقط بالرقابة على جودة المنتج النهائي ولكنها تشمل أيضاً الرقابة على جودة المدخلات، وكذلك الرقابة على العملية الإنتاجية أثناء مراحل التشغيل المختلفة.

#### □ أغراض نظام الرقابة على الجودة:

أوضح Chase & Aquilano أن نظام الرقابة على الجودة يمكن أن يكون له أهداف عامة يجب تحقيقها مثل: تخفيض نسبة العام أثناء العملية الإنتاجية، تخفيض نسبة مردودات المبيعات بسبب انخفاض مستوى الجودة، المحافظة على درجة تطابق المنتج النهائي مع مواصفات التصميم الأصلية التي تم وضعها لهذا المنتج، تقليل حجم العيب في المواد المستخدمة حتى لا تؤثر ذلك على درجة جودة المنتجات النهائية. وعلى الرغم من تنوع هذه الأهداف وتحديدها لمجالات مختلفة لتحسين الأداء إلا أن الكاتبين ذائهما يفضلان أن يكون الهدف أكثر تجديداً ووضوحاً. ومثال ذلك:

- 1- تخفيض عدد شكاوي العملاء من مستوى الجودة إلى 3% على الأكثر.
- 2- تخفيض مردودات المبيعات بسبب الجودة إلى 2% على الأكثر.

3- تخفيض نسبة المواد التي يعاد تشغيلها مرة أخرى بسبب الجودة إلى 5% على الأكثر.

4- خفض تكلفة الرقابة على الجودة والفحص للوحدة الواحدة من المنتج بنسبة 10%.

وفي نهاية الفترة الزمنية لخطة الجودة يجب أن يتم تحليل درجة تحقيق هذه الأهداف. كما أنه يجب الاستمرار في إعادة النظر في هذه الأهداف وتحديثها على ضوء نتائج الأداء المحققة.

#### □ القرارات الأساسية التي يوجهها نظام الرقابة على الجودة:

أوضحنا فيما سبق أن هناك مجموعة من القرارات الاستراتيجية التي تنطوي عليها عملية إدارة الجودة بما في ذلك تحديد دور جودة المنتج كوسيلة تنافسية وكذلك تحديد مستوى الجودة (ممثلاً في مجموعة من المواصفات) الذي ترغب المنشأة في تقديمه سواء كان ذلك للسلع التي تنتجها أم الخدمة التي تقدمها. ومن ناحية أخرى يتبقى مجموعة أخرى من القرارات التكتيكية التي ينبغي على القائمين على نظام الرقابة على الجودة الإجابة عليها. وتتضمن هذه:

1- ما هي النقاط في مرحلة الإنتاج التي سوف يتم عندها القيام بالاختبار لمستوى الجودة؟ ففي العادة يتم الإنتاج على مراحل مختلفة، وفي هذه الحالة يكون هناك عدة بدائل:

- أن يتم الفحص لكل المواد الخام والأجزاء الداخلة في العملية الإنتاجية أي أن يتم الفحص في أول العمليات الإنتاجية لكل المدخلات.
- أن يتم الفحص قبل مراحل الإنتاج ذات التكلفة الأعلى، أو ذات القيمة المضافة الأكبر أو ذات الاستثمارات الأكثر، أو على أساس كم المخزون تحت التشغيل بالمرحلة.
- أن يتم الفحص قبل المراحل التي يصعب بعدها عمل إصلاح للعيب في حالة اكتشافه.



- أن يتم الفحص قبل المراحل التي من المعتاد أن ترتفع فيها نسبة التالف.
- أن يتم الفحص بعد إتمام كل العمليات الإنتاجية. بمعنى الفحص للمخرجات النهائية.

2- ما هو أسلوب الفحص Inspection الواجب إبعاده؟ ويقصد بذلك هل سوف يتك القيام بفحص كل الوحدات التي يتم الرقابة على جودتها. وهو ما يعرف بـ 100% فحص؟ أو سوف يتم الاعتماد على العينات Sampling؟ وفي هذه الحالة الأخيرة كيف يتم تحديد حجم العينة حتى تكون صالحة إحصائياً؟ وسوف نتعرض لهذه النقطة عند الحديث عن الرقابة على الجودة إحصائياً.

3- ما الذي سوف يتم عمله بالنسبة للوحدات المعيبة؟ هل يتم استبعادها أو إصلاحها؟ وما هي الخطوات الإصلاحية التي سوف تتخذ لتصحيح العملية الإنتاجية؟ وأخيراً... هل من اللازم إعادة النظر في المعايير الموضوعية للجودة لتتناسب مع الظروف الحقيقية للتشغيل؟ وإذا كانت الإجابة بنعم... فما هي الظروف التي يتم فيها ذلك؟

4- ما هي الصفات الأساسية (الخصائص) في المنتج التي سوف يتم قياسها؟ هل سوف يتم قياسها جميعاً؟ إذا كانت الإجابة بلا، في غالب الأحيان، فما هي أهم المواصفات؟ ونظراً لوجود عدد لا نهائي من المواصفات الفرعية للمنتج فأحياناً ما يستخدم مقياس عام مثل:

Grade	- الرتبة
Reliability	- الاعتمادية
Maintainability	- القابلية للصيانة بسهولة
Consistency	- الاستمرارية على مستوى معين في الجودة

5- ما هي درجة تكرارية عملية القياس والفحص؟ فهناك نظم إنتاج بطبيعتها مستقرة، وهناك أخرى تتسم بعدم الاستقرار. وبالطبع يلزم الأخيرة التكرار الأكبر لعملية القياس خصوصاً عند ارتفاع تكلفة عدم الاستقرار.

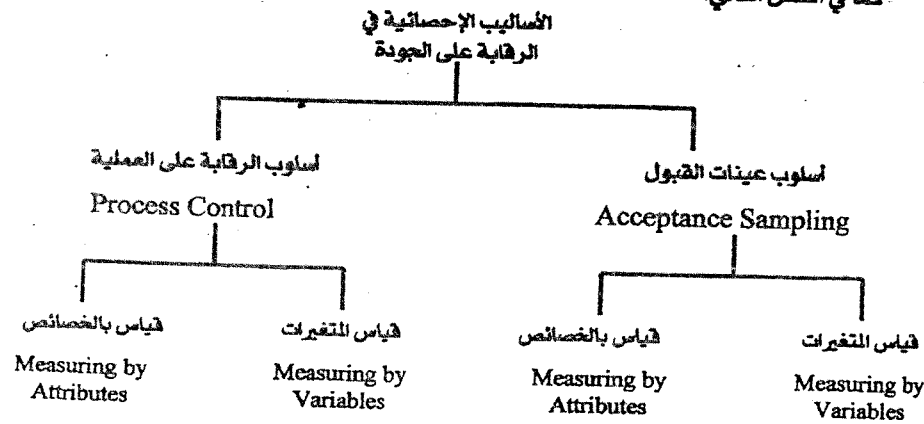
6- ما هي حدود المطابقة للمواصفات الخاصة بتصميم المنتج؟ وكيف يمكن وضع هذه الحدود؟

7- تصميم الخطط الإحصائية الخاصة بالرقابة على الجودة سواء كان ذلك قياساً للتغيرات أم لصفات. وعما إذا كان من الأنسب استخدام عينات القبول أو الرقابة على العملية؟

### □ الرقابة على الجودة إحصائياً :

يمكن تقسيم الأساليب الإحصائية في الرقابة على الجودة إلى مجموعتين أساسيتين

كما في الشكل التالي:



ويقوم أسلوب عينات القبول على اختيار عينة من الشحنة المراد فحصها. وبعد فحص العينة يتم قبول أو رفض الشحنة بناءً على نتائج فحص العينة. أما أسلوب الرقابة على العملية فيعتمد على فحص عينات من الإنتاج أثناء التشغيل الفعلي

لعملية الإنتاجية والحكم على درجة انضباط العملية الإنتاجية بناءً على نتائج فحص العينة. أما من حيث عملية القياس ذاتها فإن قياس المتغيرات يقتضي القيام بعملية القياس الفعلي لأحد مواصفات المنتج (مثل الوزن أو الطول أو السمك) ثم مقارنة نتيجة القياس بالحدود المسموح بها للحكم على جودة المنتج. أما أسلوب قياس الخصائص فيقوم على تحديد خاصية مهمة للمنتج يمتنه القيام بهذه الخاصية من عدمه. فإذا لم يتحقق ذلك اعتبرت الوحدة رديئة. وسوف نرى في الأجزاء التالية أن أسلوب قياس المتغيرات يكون أكثر شيوعاً في حالة الرقابة على العملية، على حين أن قياس الخصائص هو الأكثر استخداماً في ظل أسلوب عينات القبول. وسوف نتناول في الأجزاء التالية بشيء من التفصيل كلا من أساليب الرقابة على الجودة.

#### أولاً: عينات القبول: Acceptance Sampling:

يستخدم هذا الأسلوب عادة للحكم على جودة المدخلات الخاصة بالعملية الإنتاجية، مثل المادة الخام أو الأجزاء التي يتم شراؤها من خارج المشروع. كذلك فإنه يستخدم في الحكم على جودة المخرجات الناتجة من العملية الإنتاجية. وذلك مثل الوحدات تامة الصنع والتي تم وضعها في شكل شحنات Shipment معدة للإرسال لمراكز التوزيع. وعلى ذلك فإن مجتمع الدراسة هو شحنة ذات حجم محدد  $N$ ، ولذلك تعرف هذه بحالة المجتمع المعروف الحجم Finite Population إحصائياً. وذلك على العكس المجتمع ذو الحجم اللانهائي Infinite Population في حالة الرقابة أثناء التشغيل كما سوف نرى.

#### ويفضل استخدام عينات القبول في الحالات التالية:

- 1- عندما لا تمثل الخسائر المحتملة المترتبة على قبول وحدات معيبة رقماً كبيراً، وعندما تكون تكلفة القيام بعملية الفحص عالية نسبياً.
- 2- عندما يستلزم فحص الوحدة تدميرها، بحيث يصعب معه استخدامها مرة أخرى.
- 3- عندما يترتب على تحريك المنتج حدوث عيوب به، أو عند ما يكون الاجتهاد الذهني والجسماني عنصراً أساسياً في عملية الفحص.

وتتلخص خطوات هذا الأسلوب في اختيار عينة عشوائية حجمها  $n$  من اللوط أو الشحنة، ثم يتم فحص كل وحدة من وحدات هذه العينة، ويتم قبول أو رفض الفرض عن المجتمع كل بناءً على بيانات العينة. وفي هذه الحالة، يكون ذلك في شكل قبول أو رفض كل الشحنة. ومن ذلك نرى أن خطة الفحص تقوم على حجم معين للعينة. ووجود معيار لاعتبار الشحنة مقبولة أو غير مقبولة Acceptability Criteria.

#### الاعتماد على العينة الواحدة: Single Sampling:

وهي تقوم على سحب عينة حجمها  $n$  من المجتمع (شحنة) وفحصها. ثم تصنيف كل وحدة في العينة إلى معيبة وغير معيبة، أو تعمل ولا تعمل، أو جيدة ورديئة. فإذا كان عدد الوحدات المعيبة في حدود رقم معين تم تحديده مسبقاً فإن الشحنة ككل يتم قبولها. أما إذا كانت عدد الوحدات المعيبة أكبر من هذا الرقم المحدد فإن الشحنة يتم رفضها.

وعلى ذلك خطة الرقابة تحتاج إلى تحديد قيمتين هما:

$n$  حجم العينة الذي يتم اختيارها من الشحنة التي حجمها  $N$ .

$C$  رقم معين يعبر عن أقصى عدد يمكن قبوله من الوحدات المعيبة في العينة التي سحبها. ويطلق عليه Acceptance Number. كما أن الوحدة التي يتم فحصها يتم تصنيفها ووضعها في أي من المجموعتين بشكل عام ودون التسجيل لقراءة معينة عن مقياس معين، ومثال ذلك عملية اختبار اللامبات الكهربائية لتقدير ما إذا كانت تعمل أو لا تعمل.

#### قياس احتمال القبول في الخطة الإحصائية:

بالطبع فإن اختيار مستوى معين  $C, n$  سوف يترتب عليه تغيير احتمال القبول أو الرفض لشحنة معينة حجمها  $N$  وبها نسبة تالف معينة  $p$ . وسوف نتناول في هذا الجزء كيفية حساب احتمال القبول في مثل هذا النوع من الخطط الإحصائية.

فإذا كانت  $N = 20, n = 5$  فما هو احتمال أن يكون عدد الوحدات المعيبة = صفر في العينة إذا كانت الشحنة بها أربع وحدات معيبة؟

$$P(x=0) = \frac{\begin{bmatrix} 4 & 16 \\ 0 & 5 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 20 \\ 5 \end{bmatrix}} = \frac{C_0^4 \cdot C_5^{16}}{C_5^{20}} \quad \text{حسب المعادلة}$$

$$\begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16 \\ 5 \end{bmatrix} = \left( \frac{4!}{0! 4!} \right) \left( \frac{16!}{5! 11!} \right) \div \left( \frac{20!}{5! 15!} \right)$$

$$\begin{bmatrix} 20 \\ 5 \end{bmatrix} = \left( \frac{16!}{5! 11!} \right) \left( \frac{5! 5!}{20!} \right) = \frac{15 \times 14 \times 13 \times 12}{29 \times 19 \times 18 \times 17} = 0.2817$$

$$P(X=1) = 0.4696 \quad \text{بالطريقة نفسها}$$

وعلى ذلك فإن احتمال القبول

$$= \text{احتمال (عدد الوحدات للمعيبة = صفر)} + \text{احتمال (عدد الوحدات المعيبة = 1)}$$

$$= 0.2817 + 0.4696,$$

$$= 0.7513,$$

$$= 75.13\%$$

ب) إذا كانت  $N < 1000$  وحدة يمكن استخدام توزيع Binomial Distribution حيث  $N$  في هذه الحالة يمكن اعتبارها  $\infty$  وهو الفرض الأساسي في هذا التوزيع.

$$P(X) = C_x^n \left( \frac{n}{\pi} \right) (1^x - \pi)^{n-x} \quad \text{والمعادلة هي}$$

مثال

كانت هناك شحنة حجمها 20 وحدة. يتم فحصها عن طريق سحب عينة عشوائية قدرها  $n = 5$  وحدة وكان الحد الأقصى المقبول للوحدات المعيبة في العينة  $I = C$ . وحدة. احسب احتمال قبول الشحنة.

الحل: إحصائياً القاعدة هي:

أ) إذا كانت  $N \geq 1000$  وحدة فإن حجم المجتمع يجب أن يعامل على أنه مجتمع محدد العدد. وبالتالي فإن التوزيع الإحصائي الاحتمالي الواجب استخدامه هو Hypergeometric Distribution الذي فيه

احتمال القبول = احتمال (عدد الوحدات المعيبة  $\geq C$ ) في العينة.

وفي المثال: احتمال القبول = احتمال (عدد الوحدات المعيبة  $\geq 1$ ) في العينة.

$$= \text{احتمال (عدد الوحدات المعيبة = صفر)}$$

$$+ \text{احتمال (عدد الوحدات المعيبة = 1)}$$

وحسب هذا التوزيع الاحتمالي Hypergeometric إذا كانت  $\times$  هي عدد مرات

الحدوث في عينة حجمها  $n$  فإن:

$$P(x) = \frac{\begin{bmatrix} R \\ x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N-r \\ n-x \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} N \\ n \end{bmatrix}}$$

على أساس أن  $X$  هي عدد الوحدات المعيبة الموجودة في العينة  $n$ ، وأن  $p(x)$  هو احتمال وجود  $X$  وحدة معيبة في العينة. وأن  $r$  هي عدد الوحدات المعيبة التي في الشحنة ككل.

حيث  $p(x)$  احتمال وجود  $x$  وحدات معيبة في العينة.  $\pi$  حجم العينة،  $\pi$  احتمال وجود وحدة معيبة عند فحصها. وهو نسبة المعيب في الشحنة ككل.

مثال:

إذا كانت حجم إحدى الشحنات التي يتم فحص عينة منها هو 5000 وحدة وكان حجم العينة هو 50 وحدة. وكان الحد الأقصى لعدد الوحدات المعيبة في العينة هو وحدة واحدة فقط.

احسب احتمال قبول الشحنة إذا كانت نسبة المعيب بها 12%.

الحل:

$$P(x=0) = C_0^{50} (.02)^0 (1-.02)^{50} \\ = \frac{50!}{0! 50!} (1)(.98)^{50} = .3642$$

هو احتمال أن لا يظهر في العينة أي وحدات معيبة واحتمال أن تظهر العينة وحدة واحدة معيبة.

$$P(x=1) = C_1^{50} (.02)^1 (1-.02)^{49} \\ = \frac{50!}{1! 49!} (.02)^1 (.98)^{49} \\ = .3716$$

فإذا كان حد القبول للشحنة كلها هو  $C = 2$  فإن احتمال القبول للشحنة =

احتمال ظهور صفر معيب + احتمال ظهور وحدة معيبة.

$$= p(x=0) + p(x=1) \\ = .3642 + .3716 = .7358 \\ = 73.58\%$$

### ثانياً: الرقابة على العملية Process Control:

يمكن هذا الأسلوب من الرقابة على جودة العملية الإنتاجية ذاتها حيث إن الفحص يتم أثناء أداء العملية الإنتاجية، سواء كانت عملية صناعية أم أداء خدمة. فيمكن فحص جودة أداء عامل معين أثناء العمل أو فحص جودة الوحدات المنتجة بواسطة آلة معيبة أو مركز إنتاجي وذلك أثناء الأداء الفعلي. ويكون ذلك عادة عن طريق أخذ عينات على فترات زمنية (بشكل دوري) ووضعها على خرائط المراقبة للتأكد من أنها في حدود مقاييس الجودة المسموح بها. فإذا كانت في حدود هذه المقاييس اعتبرت العملية الإنتاجية منضبطة Undercontrol أما إذا كان معظم الإنتاج خارج هذه الحدود اعتبرت العملية غير منضبطة Out of control ويفضل استخدام هذا الأسلوب في الحالات التالية:

- 1- عندما تكون تكلفة فحص الوحدة منخفضة.
- 2- عندما تكون الآثار المترتبة على قبول وحدات معيبة آثاراً مرتفعة من حيث التكلفة والشهرة لدى المستهلك.
- 3- عندما يكون الفحص لا يترتب عليه تدمير الوحدات التي يتم فحصها.
- 4- عندما يكون من الممكن أن يتم بتكلفة مناسبة تعديل، إيقاف، وفحص، وإعادة تشغيل العملية الإنتاجية.

### أهداف الرقابة على العمليات:

تهدف الرقابة على العملية إلى تحقيق ما يلي:

- 1- تقدم الرقابة على العملية معلومات في الحال عما إذا كان الإنتاج الذي يتم إنتاجه (جاري) مطابقاً للمواصفات أو لا.
- 2- لاكتشاف أي تغير في العملية الإنتاجية والذي من شأنه أن يجعل الإنتاج القادم (الوحدات القادمة) غير مطابقة للمواصفات.

فالذي تهتم به الرقابة على العملية إحصائياً هو درجة الاستقرار الإحصائي Statistical Stability الموجودة في التغير Variability في بعض المقاييس الموضوعية للدخلات أو مخرجات العملية الإنتاجية، فالتغير في بعض المقاييس ممكن إرجاعه إلى نوعين:

1- تغير صدفه أو عشوائي، وله تأثير محدود.

2- تغير له أسباب ممكن معرفتها Assignable Causes، وهو النوع من التغير الذي يمكن إرجاعه إلى أسباب متعددة يمكن اكتشافها Deleted وعلاجها أو مجرد شرحها. مثل تغير في الآلة مع مرور الوقت لحاجتها إلى صيانة أو تغير نوع الزيت أو قطع الغيار. وكذلك إجهاد العامل والحاجة إلى فترات راحة.

وترتبط نظرية الرقابة على الجودة إحصائياً بالنوعين من التغير السابق ذكرهم. فالعملية تعتبر منضبطة Undercontrol إذا كان التغير في حدود تغير الصدفه أو العشوائي. وتعتبر غير منضبطة Out of control عندما يزيد التغير فيها عن حدود تغير الصدفه ويمكن تأثير أسباب يمكن معرفتها.

### ☐ خرائط الجودة إحصائياً Charts :

#### خرائط الجودة الإحصائية :

- 1- حدد هدف الخريطة، التغير الذي سوف يتم قياسه، وحدة القياس التي سوف تستخدم، وحجم العينة التي سوف يتم أخذها ومعدل أخذ العينة.
- 2- قم بقياس التغير المناسب، احسب خط الوسط Central Line والحدود القصوى والحد الأدنى المبني على الخريطة (لاحظ أن هذه تختلف عن الحدود الدنيا القصوى للمواصفات الموضوعية. فعادة ما تكون حدود الرقابة أقل من حدود المواصفات).
- 3- ارسم الخريطة، واستنتج نتائج مبدئية مثل احتمال حدوث الخطأ الأول أو الخطأ الثاني.
- 4- أعد حساب الحد الأعلى والحد الأدنى إذا لزم الأمر.
- 5- ارسم الخريطة وضع عليها معلومات الرقابة.

#### أنواع الخرائط الإحصائية :

##### - النوع الأول: خرائط قياس المتغيرات :

وهي أنواع من الخرائط التي تقوم على عملية قياس فعلية لإحدى الخصائص الأساسية للمنتج. ومثال ذلك قياس الوزن والطول، أو درجة الحرارة أو الصلابة .... الخ.

وهذه على نوعين:

1- خريطة للتوسطات  $\bar{X}$  ... وهي التي تهتم بقياس المتوسط الحسابي لبيانات العينة المسحوبة.

2- خريطة المدى  $R$  ... وهي التي تهتم بقياس درجة التشتت في شكل الفرق بين قيمة أعلى وأقل مفردة داخل العينة.

##### - النوع الثاني: خرائط قياس الكمالات :

وهي أنواع من الخرائط تقوم على عملية قياس عامة لدى مطابقة الوحدة المنتجة للمواصفات من عدمه دون تسجيل لتوسطات، أو أن يتم تسجيل القراءات. فيتم تحديد ما إذا كانت الوحدة معيبة أو غير معيبة فقط. وذلك قطعاً يتم بناء على قياس فعلي واختيار معين ولكن لا نهتم في مثل هذه الحالة بالرقم المطلق الناتج من عملية القياس كما في حالة النوع الأول من هذه الخرائط. وتعرف هذه المجموعة بمجموعة القياس على أساس النسبة المئوية. وأكثرها شيوعاً:

- (أ) خريطة النسبة المعيبة  $P$  : وهي تهتم بقياس النسبة المئوية للوحدات المعيبة في العينة.
- (ب) خريطة عدد المعيب  $C$  : وهي تهتم بعدد الوحدات غير المطابقة للمواصفات في العينة.

وقبل أن نقوم بالعرض التفصيلي لبعض تلك الخرائط، يجب الإشارة هنا إلى أن أي من تلك الخرائط يقوم على أربعة تقديرات (معالم) أساسية هي:

- 1- يتم اختيار عينة من خط الإنتاج حجمها  $n$  على فترات زمنية مختلفة.
- 2- يتم القيام بعملية القياس للمتغير الأساسي (الوزن مثلاً) محل الرقابة لكل مفردة من مفردات العينة. وسوف يؤدي ذلك إلى توليد بيانات عن المتغير لكل المفردات على النحو التالي:

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$$

- 3- يتم حساب المتوسط الحسابي لقيمة هذه المفردات لكل عينة. وبذلك يكون لدينا عدة متوسطات للعينات التي يتم اختبارها على فترات. وتكون المتوسطات كما يلي:  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots$
- 4- يتم وضع متوسط كل عينة (بمجرد حسابها) على خريطة الرقابة، فإذا كان هذا المتوسط يقع داخل الحدود المسموح بها، فإنه يمكن القول بأن العملية الإنتاجية، عمالية منضبطة Undercontrol، أما إذا كان متوسط العينة يقع خارج الحدود فإن العملية الإنتاجية تعد غير منضبطة Out of control، مما يستلزم القيام بالتصحيح والتعديل اللازم.
- 5- يتم تكرار هذه الخطوات بصفة دورية، وبذلك يكون هناك صورة كاملة عن الأداء للعملية الإنتاجية خلال فترة زمنية معينة. فعلى الرغم من أن متوسطات العينات قد تقع جميعها داخل الحدود المسموح بها إلا أن وجود اتجاه معين فيها قد يشير إلى احتمال حدوث مشكلة في الجودة في المستقبل. وللتعرف على تلك الخاصية عادة ما يتم استخدام ما يسمى باختبار التتابع الإحصائي Statistical theory of runs of sequence والذي يحدد عدد المرات التي يمكن بعدها الحكم بأن العملية غير منضبطة.

ويكون السؤال الأساسي في مثل هذا النوع من الخرائط.

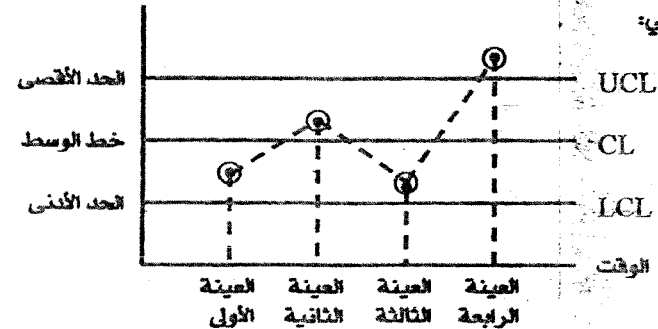
"كيف يتم تحليل كل من خط الوسط والحد الأقصى والحد الأدنى؟ وما هو أثر التغير في كل من الحد الأقصى والحد الأدنى على كل من الخطأ الأول والخطأ الثاني للمعينة؟"

- 1- خط الوسط Central Line: وهو الذي يمثل متوسط عملية القياس المتوقعة  $\bar{X}$  أو متوسط النسب المعيبة  $\bar{P}$  أو متوسط الانحراف المعياري (المسمى  $R$ ) حسب نوع الخريطة المستخدمة. ومن الناحية الإحصائية، تمثل تلك القيمة متوسط متوسطات العينات التي يعتمد عليها في عملية القياس.
- 2- الحد الأقصى Upper Control Limit، وهو أقصى مستوى مسموح به للمتغير الذي يتم قياسه  $(R, P, X)$ ، وإذا زادت قيمة على ذلك اعتبر ذلك خطأ في الجودة لا يرجع إلى الصلابة.
- 3- الحد الأدنى Lower Control Line، وهو أقل حد مسموح بالمتغير الذي يتم قياسه أن يصل إليه دون أن يعتبر ذلك خطأ في الجودة ويرجع إلى الصلابة.
- 4- حجم العينة: وهو عدد الوحدات التي يتم سحبها بشكل دوري من خط الإنتاج وقصصها وقياسها ثم وضع متوسط نتيجة القياس على خريطة الرقابة على الجودة.

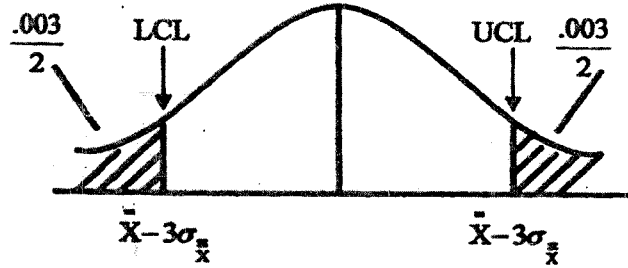
وسوف توضح فيما يلي المعنى المباشر لتلك المكونات في ظل النوع الأول من الخرائط.

#### خريطة المتوسط $\bar{X}$ -Chart:

وهي أحد أنواع خرائط الرقابة على العملية الإنتاجية اعتماداً على أسلوب قياس المتغيرات. ويوضح الشكل التالي المكونات الأساسية لهذه الخريطة ويتم استخدامها على النحو التالي:



حيث تتوقف قيمة  $Z$  على درجة الثقة المستخدمة في الخريطة الإحصائية والتي عادة ما تكون 99.7% (أي احتمال خطأ في الحكم على جودة العملية قدره 3% فقط). وفي هذه الحالة تكون قيمة  $Z = 3$  وحدة ويطلق على كل من الحد الأعلى والحد الأدنى الحدود التي بعدها يجب التصرف action limits لإعادة الانضباط إلى العملية الإنتاجية. ويمكن توضيح ذلك للمعنى في الشكل التالي.



ومعني ذلك أنه إذا لم تتغير العملية الإنتاجية عن المواصفات الموضوعة (بسبب العامل أو الآلة أو المادة الخام) فإنه من المتوقع أن 99.7% من بيانات (متوسطات) العينات للأخونة لن تقع بين الحدين الأعلى UCL والحد الأدنى LCL. ومعني ذلك أنه إذا خرجت واحدة من المتوسطات عن هذه الحدود فإننا نهكم على العملية بأنها غير منضبطة باحتمال خطأ قدره حوالي 3% فقط، وهذه هي النظرية الأساسية وراء خرائط الرقابة على الجودة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن العديد من الشركات تحاول الاحتياط عن طريق وضع ما يسمى بحدود التحذير warning limits والتي تمثل حدود حجب انتباه العاملين بعملية الرقابة على الجودة. وعادة ما تكون هذه أقل من الحدود التي تستلزم التصرف action limit. ويكون ذلك عن طريق تخفيض قيمة  $Z$  إلى حوالي 1.96 وحدة فقط كما في الشكل التالي.

والإجابة تكمن في أنه اعتماداً على أن خريطة  $\bar{X}$  هي خريطة لمتوسطات العينة فإنه توجد قواعد إحصائية توضح أن من خصائص توزيع متوسطات العينات العشوائية أن يأخذ شكل التوزيع المعتدل الطبيعي Normal وأن له متوسطاً يعادل متوسط المجتمع الأصلي، كما أن انحرافه المعياري يعادل الانحراف المعياري للمجتمع الأصلي مقسوماً على الجذر التربيعي لحجم العينة ويعني ذلك أنه إذا كان  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots, \bar{X}_t$  هي متوسطات العينات التي عددها  $t$ . فإن متوسط تلك المتوسطات  $\bar{X}$  يكون هو خط الوسط للتوزيع الخاص بتلك المتوسطات، وهو تقدير غير المتحيز لمتوسط المجتمع (العملية الإنتاجية ككل)، وإذا كان  $\sigma$  هي المعيار للمقياس المستخدم في العملية الإنتاجية لقراءات المفردات وحجم العينة، المستخدمة هو  $\Pi$  فإن

$$\text{الانحراف المعياري لتوزيع المتوسطات الخاصة بالعينات} = \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ والذي}$$

يطلق على الخطأ المعياري Standard Error.

ومن هذه الخاصية الإحصائية فإن نقطة البدء عملياً تكون هي تحديد خط الوسط باستخدام مجموعة من العينات السابقة (عدد كبير من العينات) والتي يتم اختيارها في ظل ظروف العمل التي يتوقع أن يستمر في المستقبل، وبحسب متوسط كل عينة. ويكون خط الوسط هو متوسط تلك المتوسطات  $\bar{X}$ .

أما الخطوة الثانية فتكون هي تقدير  $\sigma$  المتوقعة للعملية الإنتاجية من خلال القراءات الخاصة بالمفردات التي تم اختيارها في مرحلة التجريب. فاعتماداً على حجم العينة الذي سوف يتم استخدامه  $\Pi$  يمكن التوصل إلى الحدود العليا والدنيا باستخدام الخاصية الثابتة للتوزيع الطبيعي وهي:

$$UCL = \bar{X} + Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ الحد الأقصى}$$

$$LCL = \bar{X} - Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ الحد الأدنى}$$

وبالتالي فإن معادلات حساب كل من الحد الأعلى والحد الأدنى تكون على النحو التالي:

$$UCL = \bar{X} + \frac{3 \left( \frac{\bar{R}}{dn} \right)}{\sqrt{n}}$$

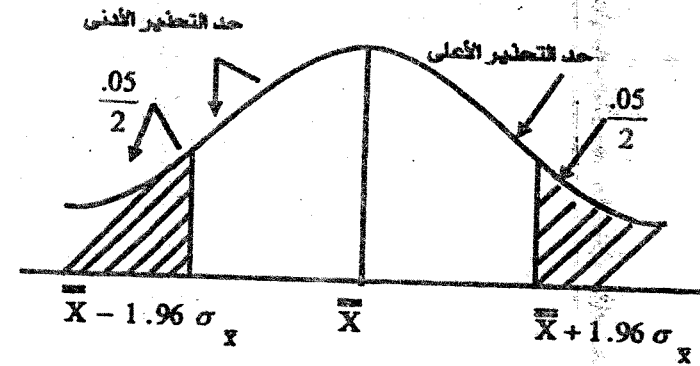
$$LCL = \bar{X} - \frac{3 \left( \frac{\bar{R}}{dn} \right)}{\sqrt{n}}$$

والتي يمكن إعادة صياغتها على النحو التالي:

$$UCL = \bar{X} + \left( \frac{3}{dn\sqrt{n}} \right) \bar{R}$$

$$LCL = \bar{X} - \left( \frac{3}{dn\sqrt{n}} \right) \bar{R}$$

خريطة للحد R		A	حجم العينة
C	B		
,000	3,268	1,880	2
,000	2,574	1,023	3
,000	2,282	,729	4
,000	2,114	,577	5
,000	2,004	,483	6
,076	1,924	,419	7
,136	1,864	,373	8
,184	1,816	,337	9
,223	1,777	,308	10
,284	1,716	,266	12
,329	1,671	,235	14
,364	1,636	,212	16



وفي هذه الحالة إذا وقع متوسط العينة للأخوة خارج حدود التحيز ولكن ما زال داخل حدود التحيز استلزم ذلك التحقق في الرقابة وأخذ عينات إضافية دون أن يستلزم ذلك توقف العملية والبحث عن أسباب عدم الانضباط.

ونظراً لسهوية حساب الانحراف المعياري لمتوسطات العينات  $\sigma_{\bar{x}}$  على الأقل من وجهة نظر الأفراد القلائمين باستخدام تلك الخرائط - فإنه يمكن استخدام المدى Range لكل عينة بدلاً من الانحراف المعياري لها. فإذا كانت الدراسة التي استخدمت لعمل الخريطة اعتمدت على مشرين عينة فإنه يتم حساب المدى لكل عينة (وهو عبارة عن الفرق بين أكبر قيمة وأقل قيمة داخل العينة). وبعد ذلك يتم حساب متوسط المدى لكل العينات والذي يساوي  $\bar{R}$ . وقد اتضح بالنسبة للعينات الصغيرة أن هناك علاقة بين انحرافها المعياري الذي الخاص بها على النحو التالي:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{dn}$$

وذلك أساساً لأن:

$\sigma$ : الانحراف المعياري للعناصر الفردية التي تتلخصها العينة.

$\bar{R}$ : متوسط المدى لاختلاف العينات.

$dn$ : ثابت يعتمد على حجم العينة.



## المراجع

- Adam, Everett E., Jr., and Ronald J.Ebert. Production and Operations Management: Concepts, Models and behavior. 4<sup>th</sup> ed. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1989.
- Buffa, Elwood Spencer. Operations Management: The Management of productive systems. 2d ed. New York: John Wiley & Sons, 1980.
- Buffa, Elwood S., and Jeffery G. Miller, Production - Inventory Systems: Planning and Control. 3<sup>rd</sup> ed. Homewood, Ill.: Richard D. Irwin, 1974.
- Buffa, Elwood S. Modern Production / Operations Management, 7<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- Chase, Richard, and Nicholas Aquilano. Production and Operations Management. 6<sup>th</sup> ed. Homewood, Ill.: Richard D. Irwin, 1992.
- Crosby, Philip B. Quality Without Tears: The Art of Hassle Management, New York: Mc Graw-Hill, 1984.
- Deming, W.E. Out of Crises. Cambridge, Mass.: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1982.
- Duncan, A.J. Quality Control and Industrial Statistics. 5<sup>th</sup> ed. Homewood, Ill.: Richard D. Irwin, 1986.
- Dilworth, James B. Production and Operations Management and Nonmanufacturing. New York, Random House 1979.

## مثال

في إحدى شركات إنتاج المياه الغازية تم تقدير مقدار المياه الغازية في الزجاجات على أن يكون متوسطه 16,01 لوقية. فإذا كان متوسط المدى لعدة عينات مأخوذة هو 25, لوقية، وحجم العينة هو 5 زجاجات. احسب الحد الأعلى والأدنى للمتوسطات لهذه العملية.

## الحل

من الجدول، يتضح أن قيمة  $A = 577$ , عندما يكون حجم العينة = 5 وحلات وعلى ذلك فإن:

$$\text{الحد الأعلى} = \bar{A} + 16,01$$

$$= 16,01 + (577)(,25)$$

$$= 16,254 \text{ لوقية.}$$

$$\text{الحد الأدنى} = 16,01 - (577)(,25)$$

$$= 15,866 \text{ لوقية.}$$

على أساس أن خط الوسط  $\bar{X} = 16,01$  لوقية.



# المكتبة الاقتصادية



ECONLIBRARY

قناة المكتبة على التليجرام